

# **Hevosten lisääntyminen epidemiologisen tutkimuksen kohteena – kirjallisuuskatsaus**

**Maiju Tamminen**

**Lisensiaatin tutkielma**

**Helsingin yliopisto**

**Eläinlääketieteellinen tiedekunta**

**Eläinlääketieteellisten biotieteiden osasto**

**Mikrobiologian ja epidemiologian oppiaine**

**2010**

# Sisällysluettelo

<b>JOHDANTO.....</b>	<b>3</b>
YLEISTÄ EPIDEMIOLOGISESTA TUTKIMUKSESTA .....	3
<b>AINEISTO.....</b>	<b>6</b>
YLEISTÄ VALITUISTA TUTKIMUKSISTA .....	6
LISÄÄNTYMISEN MITTAAMINEN .....	19
TUTKIMUSTYYPPI .....	24
<b>TULOSTEN POHDINTA .....</b>	<b>28</b>
TAMMAN IKÄ, STATUS JA ROTU .....	28
ORIN VAIKUTUS.....	38
ASTUTUS- TAI SIEMENNYSTAPA .....	44
KIIMAN JÄRJESTYSNUMERO .....	46
ASTUTUSTEN TAI SIEMENNYSTEN MÄÄRÄ.....	48
ASTUTUSVUOSI .....	52
ASTUTUSKUUKAUSI.....	53
SUKUSIITOSASTE .....	56
YMPÄRISTÖTEKIJÄT .....	57
<i>Lämpötilan vaikutus.....</i>	<i>57</i>
<i>Muiden olosuhteiden vaikutus .....</i>	<i>60</i>
MUUT TEKIJÄT .....	62
ERI TEKIJÖIDEN VAIKUTUS MONIOVULAATIOIHIN JA MONITIINEYKSIIN .....	65
<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>67</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>76</b>

## Johdanto

Hevosen lisääntymiseen aina tamman tiinehtymisestä varsomiseen saakka liittyy monia riskejä, joista suurta osaa tai niiden yhteyttä toisiinsa ei edelleenkään tunneta. Kuitenkin kiinnostus tiinehtymiseen vaikuttavista tekijöistä kohtaan on suuri: hevoskasvatus on etenkin maailmalla laukkahevosurheilun ympärillä kovan luokan ja suurten rahojen liiketoimintaa ja parhaimmista täysiverivarsoista saatetaan maksaa miljoonia euroja. Myös yksittäiselle harrastajakasvattajalle tuhansien eurojen astutus- tai siemennismaksut ovat tuntuvia etenkin, jos varsaa ei kaiken vaivan ja rahanmenon jälkeen tulekaan.

Epidemiologinen tutkimus on varteenotettava keino tutkia hevosten lisääntymiseen vaikuttavista tekijöistä populaatiotasolla: sekä tammoihin että oreihin liittyviä, lisääntymistulokseen vaikuttavista ominaisuuksista ja ympäristötekijöistä. Epidemiologiselle havainnointitutkimukselle ovat tyypillistä suuret, jopa satojen tuhansien yksilöiden otoskoot, jopa useita vuosia kestävät tutkimusajanjaksot, etenkin retrospektiivisessä tutkimuksessa aineiston hajanaisuus ja epäyhtenäisyys sekä muuttujien ja sekoittavien tekijöiden suuri määrä. Kaikki nämä luovat haasteita epidemiologisen tutkimuksen toteuttamiselle ja tulosten analysoinnille. Näin ollen onkin luonnollista, että myös hevosten lisääntymisestä tehdyt epidemiologiset tutkimukset ovat näytöltään eritasoisia. Tutkimustulosten pohjalta tehtyihin päätelmiin syy-seuraussuhteista on syytä suhtautua kriittisesti ennen näytön tason arviointia. Tämän työn tavoitteena oli selvittää, minkälaisia epidemiologisia tutkimuksia hevosten lisääntymisestä on tehty ja mitä niissä on havaittu, sekä arvioida tehtyjä tutkimuksia.

### ***Yleistä epidemiologisesta tutkimuksesta***

Epidemiologia on Thrusfieldin (2007) mukaan tautien sekä niitä aiheuttavien tekijöiden tutkimista populaatiossa. Lisäksi hän listaa eläinlääketieteelliseen epidemiologiaan kuuluvaksi muiden terveyteen liittyvien määreiden, kuten tuottavuuden tutkimisen, mihin voidaan lukea kuuluvaksi myös varsantuotanto. Yleisesti ottaen epidemiologinen

tutkimus koostuu populaation tarkkailusta ja päätelmien tekemisestä tarkkailun tuloksiin perustuen. Epidemiologinen tutkimus voi luonteeltaan olla kvalitatiivinen, kvantitatiivinen tai näiden yhdistelmä. Tähän työhön valitut tutkimukset ovat luonteeltaan kvantitatiivisia: niihin kuuluu olennaisena osana eri muuttujien mittaaminen numeerisilla arvoilla sekä tulosten analysointi jollakin tilastotieteellisellä menetelmällä. Kvantitatiiviset tutkimukset voidaan edelleen jakaa kartoitustutkimuksiin (survey) ja havainnointitutkimuksiin (observational studies). Kartoitustutkimuksessa kartoitetaan aineiston, esimerkiksi eläinryhmän, ominaisuuksia suhteessa eläinten määrään. Havainnointitutkimuksessa puolestaan vertaillaan eri ryhmien ominaisuuksia toisiinsa. Havainnointitutkimuksen alatyyppejä ovat esimerkiksi kohorttitutkimus (cohort study), tapaus-verrokkitutkimus (case-control study) sekä poikittainen tutkimus (cross-sectional study) (Thrusfield 2007).

Kohorttitutkimuksessa verrataan kahta (tai useampaa) ryhmää eli kohorttia, joilla on keskenään erilainen altistus jonkin selittävän muuttujan (explanatory variable, esimerkiksi rotu) suhteen (Thrusfield 2007). Tutkimukseen valitun vastemuuttujan (response variable, esimerkiksi varsomisprosentti) toteutumista arvioidaan altistusryhmittäin: ovatko erirotuisten tammojen varsomisprosentit erilaiset.

Tapaus-verrokkitutkimuksessa vertaillaan kahta ryhmää, joista toinen on vastemuuttujan suhteen positiivinen (tapaukset) ja toinen negatiivinen (verrokkit) ja joiden eroja altistuksen suhteen tutkitaan (Thrusfield 2007). Tapaus-verrokkitutkimuksessa voidaan esimerkiksi verrata tammoja, jotka olivat saaneet varsan niihin, jotka eivät olleet saaneet varsaa, ja tutkia, onko tamman astutusmenetelmällä vaikutusta lopputulokseen. Poikittainen tutkimus on tutkimus jonain tiettyinä ajanhetkenä: sen avulla voidaan tutkia eri tekijöiden yhteyttä sairauden esiintymiseen populaatiossa juuri tuona ajankohtana, mutta luotettavia syy-seurauspäätelmiä voidaan tehdä vain pysyvien tekijöiden kuten rodun vaikutuksesta, koska vain ne ovat varmasti olleet olemassa jo ennen tutkimusajankohtaa.

Lisäksi tutkimukset voidaan jakaa prospektiivisiin eli tulevaisuuteen suuntautuviin ja retrospektiivisiin eli menneisyyteen suuntautuviin tutkimustyyppeihin.

Prospektiivisesen tutkimuksen etu retrospektiiviseen nähden on se, että aineistoa kerätessä voidaan määritellä, mitä tietoja halutaan ja tiedot voidaan kerätä järjestelmällisesti ja luotettavasti (Thrusfield 2007). Tähän työhön valittujen tutkimusten aineisto on usein kerätty jalostusjärjestöjen tai siittoloiden omista tilastoista, jolloin kyseessä ovat retrospektiiviset tutkimukset. Aineistojen luotettavuus voi vaihdella esimerkiksi roduittain tai siittoloittain johtuen joko tietojen syöttämiseen liittyvistä ongelmista tai valikoivasta syöttämisestä (Langlois ja Blouin, 2004).

Lisääntymistulokseen vaikuttavia tekijöitä etsittäessä on tärkeää käyttää tutkimustyyppiä, joka mahdollistaa syy-seuraussuhteen tutkimisen. Tähän tarkoitukseen paras on kohorttitutkimus. Havainnointitutkimuksiin kuuluvat tapaus-verrokki- ja poikittainen tutkimus ovat toteutuskustannuksiltaan edullisempia, mutta niiden avulla saadaan vain vihjeitä potentiaalisista syistä. Kartoitustutkimukset taas kuvailevat tapahtumien esiintymistä, eivätkä sovi syy-seuraussuhteiden tutkimiseen. Tässä työssä referoituja tutkimuksia ei kuitenkaan ollut aina helppoa sijoittaa johonkin tiettyyn tutkimustyyppiin.

Epidemiologisessa tutkimuksessa tärkeässä asemassa ovat sekoittavat tekijät. Ne ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat vastemuuttujaan ja eroavat eri yksilöiden tai kohorttien välillä. Sekoittavalla tekijällä on oltava vaikutusta altistukseen kohorttitutkimuksen alussa ja tapaus-verrokkitutkimuksessa silloin, kun tapaukset syntyvät, mutta altistus ei saa kokonaan määrätä sekoittavan tekijän jakaantumista eri altistustasoilla (sekoittava tekijä ei siis milloinkaan saa olla niin sanottu välittävä muuttuja [intervening variable]; Dohoo ym., 2003). Sekoittava tekijä voi olla mikä tahansa ominaisuus tai ympäristötekijä, joka saattaa vääristää lopputuloksia, mikäli se jätetään analyyseissä huomioimatta. Sekoittavien tekijöiden huomioon ottaminen on ehkä tärkein yksittäinen epidemiologisen tutkimuksen tulosten luotettavuuteen vaikuttava tekijä. Tämän takia tutkimusten analyyseissä olisi suotavaa käyttää monimuuttujamenetelmiä, jotka mahdollistavat usean eri selittävän muuttujan yhtäaikaisen tarkastelun sekä muun muassa aineiston hierarkisen rakenteen (hierarkiaa on esimerkiksi se, että yksi ori voi astua useassa siittolassa ja joka siittolassa useita eri tammoja) ja juuri noiden sekoittavien tekijöiden huomioimisen.

Esimerkiksi kiineliötestillä ja erilaisilla korrelaatiotesteillä voidaan tarkastella vain yhden selittävän muuttujan suhdetta tutkittavaan selitettävään vastemuuttujaan (Thrusfield 2007). Joskus tutkimuksissa on tehty vain useita tällaisia yksittäisiä selittävien muuttujien vertailuja tutkittavaan vastemuuttujaan. Mitä useampia yksittäisiä vertailuja tehdään, sitä suuremmaksi kasvaa mahdollisuus koko tutkimuksen tasolla tehdä ns. hylkäämisvirhe (tyyppi-1 eli  $\alpha$ -virhe; Dohoo ym., 2003), jolloin ei-merkitsevät selittävät muuttujat tulkitaan helpommin tilastollisesti merkitseviksi. On olemassa useita menetelmiä, joiden avulla tätä riskiä voidaan pyrkiä korjaamaan. Yksinkertaisin on Bonferroni-korjaus, jossa virhetasoa (yleensä 5 %) korjataan tehtyjen vertailujen määrän mukaan. Bonferronikorjauksen käyttäminen ei kuitenkaan ole mikään monimuuttujamallien korvike, koska siinä ei oteta huomioon monen muuttujan samanaikaista vaikutusta.

## **Aineisto**

Tähän työhön on valittu hevosten lisääntymisestä tehtyjä epidemiologisia tutkimuksia. Ennen vuotta 1980 tehtyjä tutkimuksia ei otettu mukaan, jotta tämän työn loppupäätelmät soveltuisivat paremmin nykypäivän tarpeisiin. Muita yleisiä perusteluita tutkimusten valinnalle olivat tutkimusaineiston koko (vähintään useita satoja tammoja) sekä se, että tutkimus oli toteutettu suhteellisen korkeatasoisissa, tyypillisiä länsimaaisia olosuhteita vastaavissa olosuhteissa. Mielenkiinnon vuoksi mukaan on otettu muutamia tutkimuksia, jotka poikkeavat yllämainituista kriteereistä. Tutkimukset käsitellään pääasiassa artikkelin ensimmäisen kirjoittajan nimen mukaisessa aakkosjärjestyksessä

### ***Yleistä valituista tutkimuksista***

Allen ym. (2007) (taulukko 1) tutkivat englantilaisten täysiveristen lisääntymistuloksia Englannissa kyselykaavakkeen avulla. He tutkivat erikseen risuestelaukkahevosiä (National Hunt) ja tasaisella kilpailevia (Flatrace) laukkahevosiä. Tutkimuksen

tavoitteena oli tutkia samoja asioita kuin Morris ja Allen (2002) viisi vuotta aikaisemmin (taulukko 2). Allen ym. (2007) analysoivat tuloksia kiineliötestin ja Bonferronikorjauksen avulla eli monimuuttuja-analyysiä ei tehty, toisin kuin Morrisin ja Allenin (2002) tutkimuksessa osalle muuttujista. Näiden kahden tutkimuksen tulokset ovat kuitenkin varsin vertailukelpoisia ja näin ollen kiinnostavia. Samaan tutkimussarjaan voidaan lukea Sandersonin ja Allenin (1987) tutkimus vastaavasta aiheesta vuosilta 1982–1983. Nämä kolme tutkimusta muodostavat mielenkiintoisen katsauksen englantilaisten täysiveristen laukkahevosten lisääntymistulosten ja niihin vaikuttavien tekijöiden kehitykseen ja muutokseen noin 20 vuoden ajanjakson aikana.

Täysiverisiä hevosia tutkivat myös Brück ym. (1993) (taulukko 1) Australiassa. Puutteellisen tutkimuksesta tekee se, ettei siinä ole käytetty minkäänlaista monimuuttuja-analyysiä (taulukko 3), jolloin useamman vaikuttavan tekijän yhtäaikaista vaikutuksia ei ole otettu huomioon muuten kuin pohdinnan tasolla. Tutkimus kuitenkin osaltaan täydentää täysiveristen hevosten lisääntymisestä tehtyjen epidemiologisten tutkimusten sarjaa.

van Buitenin ym. (1998) (taulukko 1) tutkivat shetlanninponiorien hedelmällisyyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Hollannissa shetlanninponeja astutetaan kolmella eri tavalla: ensimmäisessä systeemissä ori kuljetetaan tamman luo astumaan, toisessa systeemissä tammat tuodaan orin luokse oriasemalle ja kolmannessa systeemissä astuminen tapahtuu vapaasti laitumella. Tutkijat vertasivat eri systeemeissä astuvien shetlanninponiorien lisääntymistulosta. He käyttivät orin iän ja eri astutussysteemien vaikutusten laskemiseen logistista regressioanalyysiä, jossa oli ns. overdispersiolla huomioitu ylimääräistä satunnaista vaihtelua (Højsgaard ja Halekoh, 2005), mikä saattaisi johtua esimerkiksi aineiston hierarkisuudesta (taulukko 3), mutta heillä oli joitakin virheitä ristitulosuhteen (odds ratio, suhteellinen paine<sup>1</sup>; tästä käytetään tästä eteenpäin nimitystä suhteellinen paine tai varsomispaineiden suhde ja selvyiden vuoksi lisätään sulkuihin odds ratio) tulkinnoissa. Lisäksi he käyttivät kiineliötestiä sen laskemiseen, miten eri-

---

<sup>1</sup> Hannu Rita ja Anna-Maija Virtala: "Altistuminen veren alhaiselle IgG-tasolle kaksinkertaistaa vasikoiden keuhkokuumeepaineen." - Termien *odds* ja *odds ratio* tulkinnasta ja suomentamisesta. Käsikirjoitus (Virtala, henkilökohtainen tiedonanto).

ikäiset ja -tyyppiset tammat olivat jakaantuneet eri systeemeihin ja oliko tällä tilastollista merkitystä.

van Buiten ym. (1999) (taulukko 1) tutkivat ensisijaisesti orin vaikutusta tammojen tiinehtymiseen. Analyysimenetelmänä heillä oli Spearmanin järjestyskorrelaatiotesti, joka avulla he määrittivät korrelaatiot kunkin orin ja uusimattomuusprosentin välillä päivinä 21, 28, 35, 42 ja 56 astutuksesta sekä astutuskauden lopussa (taulukko 3). Uusimattomuusprosentti on se prosenttiosuus tammoista, jotka eivät palanneet tiineytykseen kuhunkin päivään mennessä ja jotka näin ollen tulkittiin tiineiksi. Spearmanin järjestyskorrelaatio ei ota kuitenkaan huomioon muun muassa sekoittavia tekijöitä. Lisäksi tutkijat olivat käyttäneet logistista regressioanalyysiä määrittääkseen useiden mallien ja uusimattomuusprosentin avulla todennäköisyyden elävän varsan syntymälle ensimmäisestä siemennetystä tai astutetusta kiimasta. Malleihin oli otettu mukaan ori ja se, palasiko tamma tiineytykseen tietyn ajanjakson sisällä, mutta analyysissä ei kuitenkaan otettu huomioon varsinaisia sekoittavia tekijöitä, vaikka logistinen regressioanalyysi olisi mahdollistanut useamman muuttujan huomioimisen. Orien tuloksia ei artikkelissa ilmoitettu ori- vaan ainoastaan rotukohtaisesti. Tämä tutkimus on silti mielenkiintoinen, koska siinä on keskitytty mahdollisuuksiin arvioida orin hedelmällisyyttä astutuskauden aikana. Toisaalta samalla on jouduttu jättämään huomioimatta kaikki tammoista aiheutuvat tekijät eikä oriaineisto ole loppujen lopuksi kovinkaan suuri. Nämä seikat varmasti aiheuttavat jonkinlaista vääristymää tuloksiin.

van Buiten ym. (2003) tutkimus (taulukko 1) hollantilaisista hevosista on tehty kohorttitutkimuksena, jossa tiinehtymisaineistoa on syötetty päivittäin ja tutkijat ovat itse tarkistaneet tiedot viikoittain viiden vuoden ajan. Sen lisäksi aineisto oli oikeaoppisesti analysoitu monimuuttujaisena ja ottaen huomioon aineiston hierarkkinen rakenne (taulukko 3): tammat ovat ryvästyneet oreille (samalla orilla on siemennetty useita tammoja) ja oriit ovat ryvästyneet siittoloihin (samassa siittolassa on useita oriita). Lisäksi jokaisesta tammasta on useita havaintoja vuoden ja syklin mukaan. Tämän takia heidän tutkimuksensa tulokset vaikuttavat luotettavilta ja mahdollistavat hyvin syy-seuraussuhteiden pohtimisen.



Davies Morel ja Gunnarsson (2000) (taulukko 1) tutkivat islanninhevosia Islannissa keskittyen orin hedelmällisyyden mittaamiseen. Tutkimuksessaan he laskivat kullekin orille ns. hedelmällisyysasteen ja vertasivat eri tekijöiden, esimerkiksi tamman iän, statuksen, värin ja orin iän vaikutuksia laskettuun hedelmällisyysasteeseen (taulukko 2). Analyysit vaikuttavat luotettavilta, sillä niissä on käytetty monimuuttujamallia ja otettu huomioon mahdollisimman monta sekoittavaa tekijää, toisin kuin esimerkiksi van Buitenin ym. (1999) orien hedelmällisyyttä käsittelevässä tutkimuksessa (taulukko 3). Davies Morelin ja Gunnarssonin ym. (2000) tutkimustulokset vaikuttavatkin tämän takia luotettavammilta kuin van Buitenin ym. (1999).

Guerin ja Wang (1994) (taulukko 1) tutkivat ympäristön lämpötilan vaikutusta tammojen ensimmäisen ovulaation ajankohtaan keväällä. Ovulaation ensimmäisen ajankohdan määrittämiseen ja vuosittaisten vertailujen tekemiseen he käyttivät varianssianalyysiä (taulukko 3). Lämpötilamuuttujina he käyttivät viikoittaisia maksimi- ja minimilämpötiloja viiden viikon ajalta (1. syyskuuta – 5. lokakuuta). Ensimmäisen ovulaation ajankohdan ja ympäristön maksimi- ja minimilämpötilojen välisten korrelaatioiden tutkimiseen he käyttivät regressioanalyysiä mutta eivät monimuuttujanalyysiä: he tarkastelivat erikseen maksimi- ja minimilämpötilojen vaikutusta keskimääräiseen ensimmäiseen ovulaatiopäivään eivätkä ottaneet esimerkiksi vuotta huomioon (taulukko 2). Tutkimus toteutettiin kaupallisessa suurehkoissa siittolassa, jossa olosuhteet ovat hyvät eivätkä vaihtelevat vuosittain. Näin ollen tutkijat pystyivät pohdinnan tasolla sulkemaan pois aiemmissa tutkimuksissa vääristymää aiheuttaneet ympäristötekijät kuten valon määrän vaihtelun, tammojen ravitsemustilan ja talven alhaisten lämpötilojen aiheuttaman mahdollisen ravitsemustilan heikkenemisen, jotka voisivat toimia sekoittavina tekijöinä. Tämä lisää tutkimuksen luotettavuutta.

Vaikka Hembergin ym. (2004) tutkimus ruotsalaisista täysiverihevosista vaikuttaa olevan kohorttitutkimus (taulukko 1), sen luotettavuutta vähentää ensisijaisesti se, että tutkijat eivät käyttäneet monimuuttujanalyysiä (taulukko 3), jonka avulla olisi huomioitu useamman tekijän, etenkin sekoittavien tekijöiden, samanaikaiset vaikutukset. Toisaalta he tutkivat vain kahden oriin astumia tammoja. Tällöin ainakin oriin vaikutus tuli otetuksi huomioon heidän ilmoittaessaan tulokset erikseen

molemmille oreille. Kuitenkin heidän raportointinsa oli huolimatonta ja esti tulosten tarkistamisen, sillä suurta osaa tutkimustuloksista ei ollut taulukoitu. Tämän lisäksi he eivät olleet ottaneet analyyseissään huomioon hevosille annettujen lääkkeellisten- ja muiden hoitojen vaikutusta. Tutkimus on kuitenkin mukana siksi, että heidän tutkimuksensa on toistaiseksi ainoa pohjoismaissa täysiverihevosista tehty tutkimus, jolloin siitä saatuja tuloksia voidaan ainakin jossain määrin verrata muissa maissa täysiverihevosten lisääntymisestä tehtyihin tutkimuksiin.

Keiper ja Houpt (1984) (taulukko 1) seurasivat kahta samalla saarella asuvaa mutta toisistaan aidalla erotettua villiponipopulaatiota kahdeksan vuoden ajan. Kyseessä oli kohorttitutkimus, jonka avulla saatua aineistoa analysoitiin lähinnä kuvailemalla ja korrelaatiotestillä (taulukko 3), jossa verrattiin kerrallaan yhden muuttujan vaikutusta varsomisprosenttiin. Näin ollen mahdollisten sekoittavien tekijöiden vaikutuksia ei ole kontrolloitu. Tutkimus valittiin mukaan, koska se on yksi harvoista lähes täysin luonnonmukaisissa oloissa elävillä hevosilla tehdyistä tutkimuksista. Keiper ja Houpt pyrkivät tutkimaan myös ympäristön keskilämpötilan vaikutusta varsomisprosenttiin (taulukko 2), mikä osaltaan lisää tutkimuksen kiinnostavuutta. Heidän analyysimenetelmiensä ja raportointinsa puutteellisuus tosin tekevät heidän lämpötilatutkimuksensa kyseenalaisiksi.

Langlois ja Blouin (2004) (taulukko 1) analysoivat kymmenen vuoden ajalta suurta ranskalaista hevosaineistoa, jossa oli yhdistetty ranskalaisia kylmä- ja lämminverirotuja. Kylmäveriroduista mukana olivat Breton, Comtois, Ardenneri, Percheron ja Boulonnais ja lämminveriroduista täysiverinen, ranskalainen ravihevonen, ranskalainen ratsuhevonen (Selle Français) sekä angloarabi. Vaikka Langlois ja Blouin olivat käyttäneet logistista regressioanalyysiä (taulukko 3), joka mahdollistaisi monen muuttujan yhtäaikaisen tutkimisen, jonkinasteisella monimuuttuja-analyysillä oli tutkittu vain osa muuttujista ja usean muun tutkitun muuttujan tulokset ilmoitettiin yksittäin graafisesti. Heillä oli lisäksi ongelmia suhteellisen paineen (odds ratio) tulkinnessa, eivätkä he ottaneet huomioon aineiston hierarkista rakennetta. He kuitenkin tutkivat sukusiitosasteen, kilpailemisen ja tamman siitosarvon vaikutuksia, joita on harvemmin tutkittu. Lisäksi heidän aineistonsa oli varsin kattava.

McDowell ym. (1992) tutkivat eri tekijöiden vaikutusta lisääntymistulokseen. He ottivat huomioon tamman ja orin iät ja ryhmittelivät tammat lisäksi sen mukaan, kuinka monta tammaa kunkin tamman astunut ori astui yhteensä (taulukko 2). Analyysissään he käyttivät varianssianalyysiä sekä regressioanalyysiä, joka olisi mahdollistanut monimuuttujamallin käytön (taulukko 3). He kuitenkin käyttivät regressioanalyysiä ainoastaan vuotuisten erojen huomioimiseen eivätkä ottaneet huomioon sekoittavien tekijöiden vaikutuksia. Tulokset oli esitetty pääosin graafisesti ja yksi selittävä muuttuja vastemuuttujan kanssa kerrallaan.

Morris ja Allen (2002) (taulukko 1) tutkivat englantilaisten täysiverihevosten lisääntymistuloksia Englannissa Newmarketin alueella, jossa on vahvat perinteet täysiveristen laukkahevosten kasvatukselle. Analyysissään he käyttivät kiineliötestiä ja merkittäviksi havaituille muuttujille monimuuttuja-analyysiä (taulukko 3). Osalle muuttujista he käyttivät logistista regressioanalyysiä ottaen huomioon joitain sekoittavia tekijöitä (ori, oriasema, eläinlääkäri), jolloin tutkimuksen tuloksista voidaan tehdä suhteellisen luotettavia päätelmiä. Tutkimuksessa tuloksia verrattiin kymmenen vuotta aikaisemmin (1982-83) samasta aiheesta tehdystä tutkimuksesta saatuihin tuloksiin (Sanderson ja Allen, 1987).

Nagy (2005) määritteli opinnäytetyössään kaksi eri vastemuuttujaa (se aika päivinä, mikä vaadittiin tamman tiineeksi saattamiseen sekä tiinehtyminen kiimaa kohden päivänä 15 ja 40 astutuksesta). Vastemuuttujien arvojen laskemista varten hän määritteli molemmille omat mallit, joissa otettiin huomioon monta muuttujaa kerrallaan (taulukko 2). Tutkimuksessaan hän arvioi lisääntymistulokseen vaikuttavien tekijöiden lisäksi mallien luotettavuutta ja mahdollista käyttökelpoisuutta siittolatoiminnassa. Monimuuttujamalleilla tutkija pystyi ainakin jossain määrin ottamaan huomioon muuttujien vaikutukset toisiinsa. Analyysien tulokset vaikuttavat luotettavilta ja pohdinnassa on mainittu runsaasti niitä mahdollista vääristymää aiheuttavia tekijöitä, joita ei ollut pystytty sisällyttämään analyysiin. Valitettavasti tutkimus on jäänyt opinnäytetyön tasolle, eikä sitä ole julkaistu vertaisarvioidusti, joten sen analyysien ja tulosten esittäminen ei ole selkeää.

Sairanen ym. (2009) tutkivat lähinnä sisäsiittoisuuden vaikutusta lisääntymistulokseen sekä varsomisprosentin periytymistä (taulukko 2). Heidän aineistonsa koostui Suomeen rekisteröityjen lämminveristen ravihevosten sekä suomenhevosten lisääntymistuloksista vuosilta 1991-2005 (taulukko 1). Tutkimuksessaan he käyttivät monimuuttuja-analyysiä ottaen huomioon myös satunnaismuuttujat (taulukko 3). Kaikki analyysit tehtiin lämminverisille ravihevosille ja suomenhevosille erikseen. Analyyseissä on yhdistetty havainnollisesti tammojen iät ja lisääntymisstatukset. Näin on saatu luotettavaa tietoa näiden kahden muuttujan vaikutuksesta toisiinsa ja sitä kautta lisääntymistulokseen. Tutkimus on ensimmäinen suomalainen suurella hevosaineistolla tehty hevosten hedelmällisyystutkimus.

Sharma ym. (2010) tutkivat niin ikään täysiverisiä hevosia, tällä kertaa Intian subtrooppisessa ilmastossa (taulukko 1). Heidän ensisijainen mielenkiintonsa oli selvittää, olisiko Intian kesäkuukausien huomattavan korkeilla lämpötiloilla negatiivista vaikutusta tammojen tiinehtymiseen, kuten muilla kotieläimillä on todettu (Marai ym., 2007; Nagamine ja Sasaki, 2008) (taulukko 2). Lisäksi he tutkivat pitkälti samoja muuttujia mitä Englannissa tehdyissä vastaavissa tutkimuksissa on tutkittu (Morris ja Allen, 2002; Allen ym., 2007). Tilastollisena menetelmänä he käyttivät kiineliötestiä, jonka perusteella löydetyille tilastollisesti merkitseviltä vaikuttaville muuttujille tehtiin Bonferronikorjaus (taulukko 3). Valitettavasti he eivät käyttäneet monimuuttuja-analyysiä.

Taulukkoihin 1-3 on kerätty tässä työssä käytettyjen tutkimusten aineiston perustiedot, muuttujat ja vertailuun käytetyt tilastolliset menetelmät.

## TAULUKKO 1

Viidentoista (15) epidemiologisen vuodesta 1980 eteenpäin tehdyn hevosten lisääntymistutkimuksen perustiedot.

	<b>Tutkimustyyppi (suluissa tutkijoiden itse antama)<sup>1</sup></b>	<b>Tutkimusajanjakso</b>	<b>Otoskoko</b>	<b>Iät</b>	<b>Maa/alue</b>	<b>Kohdepopulaatio ja mukana olleiden rotu/rodut</b>
Allen ym. (2007)	Prospektiivinen kohorttitutkimus (prospektiivinen survey)	Astutuskausi 2002	2321+1052=3373 tammaa (84+43=127 oria)	3-22	Iso-Britannia	Täysiverisiä hevosia
Brück ym. (1993)	Retrospektiivinen survey (sama)	1981-1986	1630 tammaa	3->	(Kaakkois)Australia	Täysiverisiä hevosia
van Buiten ym. (1998)	Retrospektiivinen kohorttitutkimus	Astutuskausi 1992	21 oria 1234 tammaa	Orit 3-17	Hollanti	Shetlanninponeja
van Buiten ym. (1999)	Prospektiivinen kohorttitutkimus	Astutuskaudet 1992, 1994 ja 1995	18+7+11= 36 oria (3731 tammaa)	Ei mainittu	Hollanti	Lämminverisiä ratsuhevosia Friisiläisiä hevosia Shetlanninponeja
van Buiten ym. (2003)	Prospektiivinen kohorttitutkimus	1992-1996	4491+1467+3267= 9225 tammaa, (37+9+42= 88 oria)	Ei mainittu	Utrecht, Hollanti	Lämminverisiä ratsuhevosia friisiläisiä, shetlanninponeja
Davies Morel ja Gunnarsson (2000)	Prospektiivinen kohorttitutkimus (prospektiivinen survey)	Astutuskausi 1995	1590 tammaa (27 oria)	Orit 5-18 vuotta Tammat 1-28 vuotta	Islanti	Islanninhevosia
Guerin ja Wang (1994)	Retrospektiivinen survey (sama)	1983-1992	36-58 varsomatonta tammaa/ tutkimusvuosi	Ei määritelty	Australia	Täysiverisiä hevosia
Hemberg ym. (2004)	Prospektiivinen kohorttitutkimus (Prospektiivinen survey)	1997-2001	236 tammaa joilla 430 astutuskautta (mare season) (2 oria)	3-22	Uppsala, Ruotsi	Täysiverisiä hevosia

	<b>Tutkimustyyppi (suluissa tutkijoiden itse antama)<sup>1</sup></b>	<b>Tutkimusajanjakso</b>	<b>Otoskoko</b>	<b>Iät</b>	<b>Maa/alue</b>	<b>Kohdepopulaatio ja mukana olleiden rotu/rodut</b>
Keiper ja Houpt (1984)	Prospektiivinen kohorttitutkimus	1975-1982	Tutkimuksen alussa 18 + 38 = 56 tammaa (lopussa 33 tammaa)	3-11	Assategue Island National Seashore ja Chincoteague National Wildlife, USA	Villejä poneja
Langlois ja Blouin (2004)	Retrospektiivinen kohorttitutkimus	1989-1999	535 746 astutusta/ siemennystä ja niiden seurauksena 308 549 varsomista	2-27	Ranska	Kylmäverisiä ja lämminverisiä hevosia
McDowell ym. (1992)	Retrospektiivinen survey	1987-1988	179 009 tammaa (17 260 oria)	Orit 1-29 vuotta Tammat 1-30 vuotta	Yhdysvallat, Kanada, Puerto Rico	Täysiverisiä hevosia
Morris ja Allen (2002)	Retrospektiivinen survey (sama)	Astutuskausi 1998	1144 tammaa joilla 1911 sykliä (83 oria, joista 41 käytettiin yli 10 tammalle)	3->	Newmarket, Iso- Britannia	Täysiverisiä hevosia
Nagy (2005)	Prospektiivinen survey	Astutuskausi 2004	1091 tammaa (170 oria)	Tammat 2-24	Kentucky, USA	Täysiverisiä hevosia
Sairanen ym. (2009)	Retrospektiivinen kohorttitutkimus	1991-2005	10 062 + 9728 = 19 790 tammaa (1019 + 1199 = 2218 oria)	1 ->	Suomi	Lämminverisiä ravihevosia ja Suomenhevosia
Sharma ym. (2010)	Retrospektiivinen survey (sama)	1998-2005	253 tammaa joilla 1166 tammakautta	3 ->	Luoteis-Intia	Täysiverisiä hevosia

<sup>1</sup>Ilman sulkua lisensiaattityön kirjoittajan määrittelemä tutkimustyyppi, suluissa tutkijoiden ilmoittama tutkimustyyppi, mikäli mainittu artikkelissa.

## TAULUKKO 2

Viidessätoista (15) epidemiologisessa vuodesta 1980 eteenpäin tehdyssä hevosten lisääntymistutkimuksessa annetut lisääntymisen määritelmä sekä käytetyt vaste- ja selittävät muuttujat.

	Lisääntymisen määritelmä ja vastemuuttuja	Tutkimukseen mukaan otetut selittävät muuttujat
Allen ym. (2007)	Tiinehtyminen kiimaa kohden ultraäänitutkimuksella päivänä 13-17 astutuksesta. Tämän jälkeen ultraäänitutkimukset päivänä 38-44 sekä lokakuussa varhaisluomisten toteamiseksi. Varsomisprosentti elävälle varsalle. Tiineydenmenetysprosentti.	Tamman ikä Tamman status Astutusajankohta Astutusten määrä per kiima ja per tiineys Kohtuhoidot Hormonihoidot Moniovulaatiot Monitiineydet Ori
Brück ym. (1993)	Tiinehtyminen kiimaa kohden päivänä 12-100 astutuksesta (ensimmäinen tarkastus keskimäärin 23,7 päivää astutuksesta). Tiineydenmenetysprosentti.	Tamman ikä Tamman status Astutettujen kiimojen määrä
van Buiten ym. (1998)	Varsomisprosentti	Tamman ikä Tamman status Orin ikä Astutussysteemi
van Buiten ym. (1999)	Tamma tulkittiin tiineeksi, mikäli se ei palannut uudelleensiennettäväksi (non-return rate, uusimattomuusprosentti) päivään 21, 28, 35, 42 ja 56 mennessä siemennyksestä ja astutuskauden lopussa. Varsomisprosentti elävälle varsalle.	Ori Astutus- tai siemennyspäivä Astutus tai siemennystapa Uusimattomuus (non return)
van Buiten ym. (2003)	Tiinehtyminen kiimaa kohden, mikä määriteltiin positiiviseksi, mikäli tamma ei palannut uudelleensiennettäväksi 28 päivän sisällä edellisestä siemennyksestä (uusimattomuusprosentti)	Tamman ikä Orin ikä Siemennysvuosi Siemennyskuukausi Syklin numero Siemennyksen numero Siemennysmetodi Ori (satunnaismuuttuja)
Davies Morel ja Gunnarsson (2000)	Varsomisprosentti orille Tiinehtyminen jaksoa kohden	Tamman ikä Tamman status Tamman väri Tamman kuntoluokka Astutustapa (kontrolloitu tai vapaa)

	<b>Lisääntymisen määritelmä ja vastemuuttuja</b>	<b>Tutkimukseen mukaan otetut selittävät muuttujat</b>
		Ori Orin ikä Orin harjoitustaso Ryhmäkoko (tammojen määrä astutujaksolla) Astutusjakso Astutusjakson pituus Orin ja tamman statuksen interaktio
Guerin ja Wang (1994)	Vastemuuttujana tamman ensimmäisen ovulaation ajankohta keväällä	Ympäristön lämpötila (minimi ja maksimi) Vuosi
Hemberg ym. (2004)	(Kaikki nämä joka rodulle erikseen) Tiinehtyminen kiimaa kohden päivinä 14 ja 15 astutuksesta, erikseen ensimmäiselle ja toiselle astutetulle kiimalle. Varsomisprosentti elävälle varsalle. Tiineydenmenetysprosentti.	Tamman ikä Astutuskuukausi Syklin numero Tamman status Kaksostiineydet Huom: tammojen endometriittitilanne tutkittiin ja ne luokiteltiin ryhmiin (0-3), joista ryhmä 1 sai hoitoa heti siemennyksen jälkeen ja ryhmät 2-3 hoidettiin ja siennettiin vasta seuraavaan kiimaan.
Keiper ja Houpt (1984)	Varsojen määrä kunakin vuotena (foaling rate).	Tamman ikä Tamman asema laumassa Lauman koko Varsan sukupuoli Varsan syntymäkuukausi Sukulaisuus orin kanssa Varsomistiheys Varsan jääminen henkiin Ympäristön keskilämpötila
Langlois ja Blouin (2004)	Varsojen määrä siennettyjä tammoja kohden per vuosi.	Tamman ikä Orin ikä Siennysvuosi Tamman status Rotu (vuosina 1994-1999 koskien 295 526 siennystä ja 172 756 varsomista myös: Tamman status Astutus- tai siennystapa Ensimmäisen astutuksen kuukausi Sisäsiitosaste Kilpailuansiot Tamman siitosarvo
McDowell ym. (1992)	Varsomisprosentti	Tamman ikä Orin ikä Astutusvuosi Orin astumien tammojen määrä (book size)



	<b>Lisääntymisen määritelmä ja vastemuuttuja</b>	<b>Tutkimukseen mukaan otetut selittävät muuttujat</b>
Morris ja Allen (2002)	Tiinehtyminen kiimaa kohden ultraäänitutkimuksella päivänä 15 ( $\pm 3$ pv) astutuksesta. Tämän jälkeen ultraäänitutkimukset päivänä 35 sekä lokakuussa varhaisluomisten toteamiseksi. Varsomisprosentti elävälle varsalle. Tiineydenmenetysprosentti.	Tamman ikä Tamman status Astutuskuukausi Astutusten määrä per kiima Kohtuhoidot Hormonihoidot Moniovulaatiot Monitiineydet Ori Oriasema Eläinlääkäri
Nagy (2005)	Se aika päivinä, mikä vaadittiin tamman tiineeksi saattamiseen (Interval = length of time in days for mare to get pregnant) Tiinehtyminen kiimaa kohden päivänä 15 ja 40 astutuksesta	Tamman ikä Tamman status Astutusten määrä Orin ominaisuudet Orin astumien tammojen määrä (book size) Lääkitykset Orin siitosmaksu Oriasema (onko sama kuin tamman koti) Oriaseman koko Useita oriasemaa koskevia muuttujia (mm. matolääkitys, ultraäänen käyttö)
Sairanen ym. (2009)	Varsomisprosentti (elävä tai kuollut varsa)	Tamman ikä ja status yhdessä Orin ikä Astutus- tai siemennysvuosi Astutus- tai siemennyskuukausi Astutus- tai siemennystapa Sisäsiitosaste orille, tammalle ja varsalle
Sharma ym. (2010)	Tiinehtyminen kiimaa kohden päivinä 15 ja 39 astutuksesta sekä varsomisprosentti seuraavana kautena.	Tamman ikä Tamman status Astutuskuukausi (lämpötila) Astutusvuosi Astutusten määrä per kiima ja per tiineys Kohtuhoidot Hormonihoidot Moniovulaatiot Monitiineydet

### TAULUKKO 3

Viidessätoista (15) epidemiologisessa vuodesta 1980 eteenpäin tehdyssä hevosten lisääntymistutkimuksessa käytetyt tilastolliset menetelmät.

	<b>Tehdyt tilastolliset analyysit</b>	<b>Monimuuttuja-analyysin käyttö</b>	<b>Aineiston hierarkian huomioon ottaminen</b>
Allen ym. (2007)	Kiineliotesti Bonferronikorjauksella	Ei	Ei
Brück ym. (1993)	Kiineliotesti	Ei	Ei
van Buiten ym. (1998)	Logistinen regressioanalyysi ja kiineliotesti (tammojen jakaantuminen eri systeemeihin iän ja statuksen perusteella)	Kyllä: varsomisprosentti versus systeemi, orin ikä ja näiden interaktiossa. Virheitä suhteellisen paineen (odds ratio) tulkinnoissa.	Ehkä, koska logistisessa regressiossa oli käytetty overdispersiota
van Buiten ym. (1999)	Spearmanin järjestyskorrelaatio orikohtaisesti uusimattomuusprosentille ja varsomisprosentille. Logistinen regressioanalyysi elävän varsan syntymän todennäköisyydelle.	Kyllä: elävän varsan syntyminen versus ori ja tamman paluu tai palaamattomuus tiineytykseen viimeisen siemennyksen jälkeen tiettyjen ajanjaksojen aikana	Ei
van Buiten ym. (2003)	Logistinen regressioanalyysi	Kyllä	Kyllä
Davies Morel ja Gunnarsson (2000)	Varianssianalyysi (ANOVA-GLM <sup>1</sup> ), joka sisältää monimuuttuja- analyysin.	Kyllä	Ei
Guerin ja Wang (1994)	Varianssi-analyysi (analysis of variance, ANOVA <sup>1</sup> ), regressioanalyysi.	Ei	Ei
Hemberg ym. (2004)	Kiineliotesti ja Fisherin eksakti testi	Ei	Ei
Keiper ja Houpt (1984)	Spearmanin järjestyskorrelaatio	Ei	Ei
Langlois ja Blouin (2004)	Logistinen regressioanalyysi,	Osittainen monimuuttujamalli, virheitä suhteellisen paineen (odds ratio) tulkinnessa.	Ei
McDowell ym. (1992)	General Linear Model (GLM <sup>1</sup> ), varianssianalyysi, regressioanalyysi.	Kyllä	Ei
Morris ja Allen (2002)	Kiineliotesti. Osalle muuttujista logistinen regressioanalyysi.	Merkittävälle muuttujille monimuuttuja-analyysi	Kyllä

	<b>Tehdyt tilastolliset analyysit</b>	<b>Monimuuttuja-analyysin käyttö</b>	<b>Aineiston hierarkian huomioon ottaminen</b>
Nagy (2005)	Lineaarinen ”intervalli” regressio sille ajalle, joka kuluu, kunnes tamma saadaan tiineeksi. Alustava logistinen regressio tiinehtymiselle.	Kyllä	Ei
Sairanen ym. (2009)	REML-sekamalli (mixed effects), jossa otetaan huomioon kiinteät ja satunnaiset muuttujat, monimuuttujamalli	Kyllä	Kyllä
Sharma ym. (2010)	Kiineliotesti Bonferronikorjauksella	Ei	Ei

<sup>1</sup> ANOVA = varianssianalyysi (Analysis Of Variance)

GLM = yleistetty lineaarinen malli (General Linear Model)

## ***Lisääntymisen mittaaminen***

Lisääntymistä voidaan mitata eri tavoilla riippuen siitä, minkälaisia vaikuttavia tekijöitä halutaan tutkia. Kiinnostuksen kohteena voi olla joko tamman tiinehtyminen tai (elävän) varsan syntymä. Myös tiinehtyminen voidaan määritellä usealla eri tavalla riippuen siitä, miten mahdollinen tiinehtyminen todennetaan. Lisääntymisen yhteydessä käytetään englannin kielessä vakiintuneesti sanaa ”rate” kuvaamaan itse asiassa prosenttia ja osuutta, vaikka rate on epidemiologiassa varattu kuvaamaan jonkin tapahtuman esiintymistiheyttä eikä osuutta (Läärä ym., 2008). Kirjallisuudessa käytetään siis sanoja conception rate, foaling rate ja non-return rate, vaikka aina tarkoitetaan sanaa, joka englanniksi käännettäisiin ”proportion”. Osassa tähän työhön valituista tutkimuksista on vastemuuttujana käytetty myös muita lisääntymistulokseen vaikuttavia muuttujia kuin varsomis- tai tiinehtyvyyss prosenttia. Nämä muuttujat mainitaan kunkin tutkimuksen kohdalla erikseen. Osassa tutkimuksista vastemuuttujaa on tarkasteltu tamman kannalta, osassa orin kannalta, mutta yleisesti ottaen puhutaan lisääntymistehokkuudesta (reproduction efficiency).

Morris ja Allen (2002) tutkivat tiinehtymisen ohella varhais- ja myöhempien luomisten todennäköisyyttä ikäryhmittäin, tammatyypeittäin ja orikohtaisesti (taulukko 2). Tämän takia tammat tutkittiin yhteensä kolme kertaa astutuksen jälkeen: noin 15 päivää ja noin 35 päivää astutuksesta sekä astutuskauden lopussa (lokakuussa). Näin tutkijat saivat määritettyä tiinehtymisprosentit kunakin ajankohtana. Lisäksi he määrittivät varsomisprosentit eri ryhmille seuraavana vuonna syntyneiden elävien varsojen lukumäärän perusteella. Allenin ym. (2007) tutkimus oli toteutettu pitkälti samalla tavalla kuin Morrisin ja Allenin (2002) tutkimus: lisääntymisen määritelmä oli sama, ainoastaan aineistoa oli laajennettu.

Brück ym. (1993) painottivat tutkimuksessaan tiineyden menetysten merkitystä lisääntymistulokselle. He pitivät lisääntymisen määritelmänä tamman tiinehtymistä tiettyä kiimaa kohden (taulukko 2). Kullekin tutkimuksessa mukana olleelle tammalle tehtiin tiineystarkastus päivänä 12–100 astutuksesta peräsuolen kautta tunnustelemalla tai kohdun ultraäänitutkimuksen avulla. Ensimmäisen tiineystarkastuksen ajankohdan suuri hajonta aineistossa aiheuttaa sen, että vaikka tutkimuksen painopiste on tiineydenmenetyksissä, ei ennen ensimmäistä tarkastusta tapahtuneita alkioiden varhaisluomisia ole pystytty ottamaan analyysissä huomioon, minkä Brück ym. (1993) tutkimuksessaan toteavatkin.

van Buiten ym. (1998) käyttivät tutkimuksissaan lisääntymisen määritelmänä ja vastemuuttujana tamman varsomisprosenttia elävälle varsalle seuraavalla kaudella (taulukko 2).

van Buiten ym. (1999) tutkimus keskittyi orien hedelmällisyyden mittaamiseen astutuskauden aikana. He tutkivat tammojen tiinehtymistä jokaista kiimaa kohden erikseen. He määrittivät orikohtaiset uusimattomuusprosentit (non-return rate) päivinä 21, 28, 35, 42 ja 56 astutuksesta tai siemennyksestä: tamma tulkittiin tiineeksi, mikäli se ei palannut uudelleensiemennettäväksi kuhunkin päivään mennessä (taulukko 2). Tutkijoiden mukaan tämä määritelmä on toimiva olosuhteissa, joissa kaikille tammoille ei tehdä tiineystarkastusta missään tiineyden vaiheessa. Lisäksi he pitivät varsomisprosenttia riittämättömänä mittarina, sillä sitä käytettäessä johtopäätöksiä

tiinehtymisestä kiimaa kohden voitaisiin tehdä vasta seuraavana vuonna, jolloin mahdollisiin ongelmiin reagointi viivästyisi. Oletamus siitä, että tamma on tiine, mikäli se ei palaa uudelleensiemennettäväksi tietyn ajan kuluessa, saattaa kuitenkin aiheuttaa vääristymää otantaan ja sitä kautta tuloksiin, sillä tiinehtymättä jäänyt tamma voidaan jättää myös muista syistä johtuen tuomatta uudelleensiemennettäväksi. Tutkijat huomioivat uusimattomuusprosentin aiheuttaman vääristymän mahdollisuuden pohdinnan tasolla viitatessaan muilla kotieläimillä samasta aiheesta tehtyihin tutkimuksiin ja todetessaan, että uusimattomuusprosentti on aina suurempi kuin toteutunut tiinehtymisprosentti. Samaa lisääntymisen määritelmää käyttivät van Buiten ym. (2003). Tässä myöhemmässä tutkimuksessa uusimattomuusprosentti määritettiin tosin ainoastaan päivänä 28 astutuksesta tai siemennyksestä (taulukko 2).

Davis Morel ja Gunnarsson (2000) käyttivät tutkimuksessaan vastemuuttujana varsomisprosenttia (taulukko 2). Islannissa astutuskausi kestää toukokuulta syyskuulle ja tammoja astutetaan kauden aikana kolmessa jaksossa, joista kukin kestää keskimäärin 35,5 päivää. Ensimmäisen jakson aikana astutukset tapahtuvat joko kontrolloidusti (in hand) tai vapaasti laitumella. Kahden jälkimmäisen jakson aikana kaikki tammat ovat jonkin orin kanssa vapaasti laitumella. Usein oria vaihdetaan jaksojen välissä. Tässä systeemissä esimerkiksi tiinehtymistä kiimaa kohden on vaikea mitata, sillä yksittäisillä tammoilla saattaa olla eri määrä kiimoja kunkin jakson aikana. Varsomisprosentin lisäksi tutkijat mittasivatkin jaksokohtaista tiinehtymisprosenttia.

Guerin ja Wang (1994) eivät tutkimuksessaan tutkineet tammojen lisääntymistulosta suoraan, vaan ympäristön lämpötilan vaikutusta tammojen ensimmäisen ovulaation ajankohtaan (taulukko 2). Tällä on tutkijoiden mukaan huomattava merkitys tammojen lisääntymistulokselle ylipäätään, sillä hevonen on puhdas kausilisäntyjä (Knottenbelt ym., 2003), jolla useampi kiimojen lukumäärä mahdollistaa useamman tiinehdyttämisyrityskerran astutuskaudessa. Lisäksi kaikkien kilpahevosten yhteiseksi syntymäpäiväksi merkitään tammikuun ensimmäinen. Näin ollen aikaisemmin syntyneillä varsoilla on enemmän aikaa kypsyä ja valmistautua ikäluokkakilpailuihin. On siis olennaista, että tamma tulisi ensimmäiseen kiimaan mahdollisimman aikaisin

keväällä. Tässä tutkimuksessa vastemuuttujana oli siis tammojen ensimmäisen ovulaation ajankohta keväällä.

Hembergin ym. (2004) tutkimuksessa tutkimusyksikkönä oli ns. tammakausi, yhden tamman yksi astutuskausi. Tammojen tiinehtymistä tutkittiin kuitenkin yhtä kiimaa (ei astutuskautta) kohden. Tamman mahdollinen tiinehtyminen todettiin ultraäänellä 14 ja 15 vrk ovulaatiosta kahden syklin ajan (taulukko 2).

Keiper ja Houpt (1984) tutkivat villien ponien lisääntymistä luonnonmukaisissa oloissa Yhdysvaltain rannikolla olevalla saarella (taulukko 1). Koska villien tammojen tiinehtyvyyttä on vaikea seurata, he tutkivat elävän varsan syntymään vaikuttavia tekijöitä (taulukko 2).

Langlois ja Blouin (2004) vertasivat tutkimuksessaan hevoskasvatuksen kattojärjestöille ilmoitettuja astutuksia tai siemennyksiä tietyllä aikavälillä niistä aikanaan syntyneiden elävien varsojen määrään (taulukko 2). Tässä menetelmässä tuloksiin vaikuttavat myös ne tekijät, jotka aiheuttavat mahdollisen sikiön abortoitumisen tai varsan kuoleman ennen syntymää tai sen aikana. Näitä tekijöitä Langlois ja Blouin eivät voineet kuitenkaan tarkemmin tutkia, koska koko tutkimus perustui jalostusjärjestöjen tilastoihin eikä niissä ollut eritelty varhaiskuolemien syitä. Langlois ja Blouin (2004) tarkastelivat lopulta eri tekijöiden vaikutusta ns. numeraaliseen tuottavuuteen (numeral productivity), joka ilmaistiin suhteellisen paineen (odds ratio) eli tässä tapauksessa varsomispaineiden suhteen avulla: jollekin tutkittavalle tekijälle altistuneiden hevosten paine varsoa jaettuna niiden hevosten varsomispaineella, jotka eivät olleet samalle tekijälle altistuneet (taulukko 2). Suuret luvut kertoivat kyseisen tekijän lisäävän painetta varsoa. Tätä he kuitenkin väärin tulkitsivat joissakin yhteyksissä todennäköisyyksiksi. Heidän tulkintavirheensä aiheutti huomattavia virheitä numeerisiin lopputuloksiin, vaikka vaikutusten suunnat tulivatkin selville. Näistä enemmän tutkimustulosten käsittelyn yhteydessä. Yksityiskohtana mainittakoon, että tämän työn aikana selvisi, että heidän kirjoittamassaan artikkelissa on raportoitu kylmäverisille (draught breed) varsomisprosentiksi 52 %, mutta heidän artikkelissaan annettujen tietojen perusteella laskettuna se on 51 %.

McDowellin (1992) tutkimuksessa lisääntymisen määritelmänä käytettiin tamman varsomisprosenttia elävälle varsalle (taulukko2). Heidän tutkimusajanjaksonsa kattoi kaksi astutuskautta (taulukko 1). Tutkijat kuitenkin havaitsivat, etteivät tutkitut muuttajat juurikaan riippuneet astutuskaudesta, joten analyyseissä on yhdistetty kahden astutuskauden aineisto.

Nagy (2005) käytti lisääntymisen määritelmänä tiinehtymisprosenttia päivänä 40, mikä hänen mukaansa vastaa astutuskauden lopun tiinehtymisprosenttia (taulukko 2). Ensimmäinen tiineystarkastus kaikille aineiston tammoille tehtiin kuitenkin jo päivänä 15, koska tutkijan mukaan varhainen tiinehtyminen on tärkeää haluttaessa mahdollisimman aikaisin seuraavana vuonna syntyviä varsoja. Toisena vastemuuttujana hän käytti sitä aikaa päivinä, joka kunkin tamman kohdalla kului ensimmäisestä mahdollisesta astutuspäivästä viimeiseen astutuspäivään (interval between the first possible date of breeding and the final date of cover). Siittolatoiminnassa on tavoitteena, että tämä aika olisi mahdollisimman lyhyt, jolloin varsa syntyy vuosittain optimaaliseen aikaan tai varsan syntymää pystytään jopa aikaistamaan seuraavaksi vuodeksi. Ensikertalaisilla ja tyhjillä tammoilla ensimmäinen mahdollinen astutuspäivä oli aina helmikuun 14., joka on virallinen astutuskauden alkamispäivä. Varsoneilla tammoilla ensimmäinen mahdollinen astutuspäivä oli päivä 30 varsomisesta, koska tutkijan mukaan niihin aikoihin aloitetaan yleisesti varsoneen tamman astutukset.

Sairanen ym. (2009) käyttivät lisääntymisen määritelmänä varsomisprosenttia riippumatta siitä, oliko syntynyt varsa elävä vai kuollut (taulukko 2). Tutkimuksessa ei kuitenkaan määritelty sitä rajaa, milloin varsa katsottiin myöhäisessä tiineydessä abortoiduksi sikiöksi (vastemuuttuja saa arvon 0) ja milloin kuolleena syntyneeksi varsaksi (vastemuuttuja saa arvon 1), vaikka kuolleella varsalla ilmeisesti tarkoitettiin kuolleena syntynyttä täysiaikaista varsaa. Tutkimuksessa ei myöskään pohdittu, ovatko jalostusjärjestöjen tilastot näiltä osin yhtenevät, toisin sanoen onko kasvattajilla ollut selkeät ohjeet ilmoittamiskäytännöistä edellä mainituissa tilanteissa: miten rekisteriin on merkitty esimerkiksi viikkoa tai kahta ennen laskettua aikaa kuolleena syntynyt varsa.

On kuitenkin oletettavaa, että tällaisten rajatapausten määrä aineistossa on pieni eikä aiheuta vääristymää tuloksiin.

Sharma ym. (2010) keräsivät astutustietoja yhdeksältä oriasemalta. Kaikille aineiston tammoille tehtiin ensimmäinen tiineystarkastus ultraäänen ja/tai peräsuolen kautta tunnustelun avulla noin päivänä 16 astutuksesta. Tämän jälkeen tiineystarkastuksia tehtiin noin päivinä 21, 32, 39, 50, 65, 90, 135 ja 198 astutuksesta. Analyyseissä määriteltiin tiinehtymisprosentit päiville 16 ja 39. Tilastoja muilta tiineystarkastuspäiviltä käytettiin tiineydenmenetysprosenttien laskemiseen. Kiimakohtaisen tiinehtymisprosentin lisäksi tutkimuksessa määritettiin astutuskausikohtainen tiinehtymisprosentti päiville 16 ja 39 sekä lopullinen varsomisprosentti (taulukko 2).

### ***Tutkimustyyppi***

Epidemiologisessa tutkimuksessa on suuri merkitys tutkimustyyppin valinnalla. Usein tutkimustyyppi määräytyy ainakin osittain käytettävissä olevan aineiston mukaan. Monissa tähän työhön valituista tutkimuksista tutkimustyyppiä ei ole yksiselitteisesti määritelty. Jälkeenpäin on usein vaikea sanoa, mikä on tutkimuksen tyyppi ja usein tutkimuksissa on monen eri tutkimustyyppin piirteitä, joten joskus tutkimustyyppin määrittely voi olla makuasia.

Allen ym. (2007) kutsuvat omaa tutkimustaan prospektiiviseksi surveyksi mutta sitä voidaan pitää myös kohorttitutkimuksena erityyppisten ja eri tavalla altistuneiden laukkahevosityhmien (risuestelaukkahevokset ja tasaisella kilpailevat) toimiessa kohortteina. Prospektiivisen tutkimustyyppin etu retrospektiiviseen nähden on selvä etenkin, kun tutkimus laajennettiin Morrisin ja Allenin (2002) tutkimukseen verrattuna Newmarketin ulkopuolelle ja koskemaan ehkä vähemmän ammattimaisia oriasemia, joiden astutuskirjanpitokäytännöt poikkesivat toisistaan. Näin tutkimusasettelu päästiin



suunnittelemaan etukäteen ja eri oriasemilta saatiin yhtenevät ja kattavat tiedot kaikista astutuksista.

Brück ym. (1993) toteuttivat tutkimuksensa retrospektiivisenä surveytutkimuksena. Heidän aineistonsa perustui kuuden eri siittolan kirjanpitoon kuuden vuoden ajalta ja he sisällyttivät tutkimukseensa ainoastaan ne tammot, joista oli saatavilla halutut tiedot (ikä, status, astutuspäivät ja tiineystarkastukset). Aineiston luotettavuus riippuu suuresti siittoloiden kirjanpitokäytännöistä. On mahdollista, että siittoloiden väliset erot jo aineiston tasolta lähtien vääristivät tutkimustuloksia etenkin, kun siittolan vaikutusta ei otettu tutkimuksessa lainkaan huomioon.

van Buitenin ym. (1998) käyttämä tutkimustyyppi oli retrospektiivinen kohorttitutkimus. Aineisto oli pienehkö: oreja oli kolmessa eri systeemissä 9, 3 ja 9 kappaletta. Lisäksi jotkut analyysistä tehtiin vain osalle aineistoa, koska kaikkia tietoja ei ollut saatavissa systeemissä numero kolme olleille poneille.

van Buitenin ym. (1999) valitsema tutkimustyyppi oli prospektiivinen kohorttitutkimus. Tietoja syötettiin tietokantaan päivittäin kolmen astutuskauden ajan. Aineisto oli kuitenkin melko suppea ja puutteelliset analysointimenetelmät heikensivät tutkimustulosten luotettavuutta.

van Buitenin ym. (2003) käyttämä tutkimustyyppi oli prospektiivinen kohorttitutkimus. Dataa kerättiin yhdeltätoista suuremmalta kaupalliselta oriasemalta viiden vuoden ajalta. Tietoja syötettiin tietokantaan päivittäin. Viikoittain joku artikkelin kirjoittajista tarkasti tietojen kattavuuden. Aineisto on varsin laaja ja tällä tavalla kontrolloidusti kerätyt tiedot ovat yleensä luotettavia ja kattavia, mikä on prospektiivisen tutkimuksen etu retrospektiiviseen tutkimukseen nähden.

Davies Morel ja Gunnarsson (2000) toteuttivat tutkimuksensa prospektiivisena surveytutkimuksena. Heidän aineistonsa koostui paikallisen jalostusjärjestön jalostukseen hyväksymistä tammoista ja oreista. He asettivat ikähaarukaksi 5–18 vuotta minimoidakseen iän vaikutuksen, mutta toisaalta olisi ollut mielenkiintoista saada

kattavampaa tietoa iän vaikutuksista vieläkin nuoremmilla ja vanhemmilla tammoilla. Lisäksi tutkimukseen hyväksyttiin vain orit, jotka astuivat yli 40 tammaa astutuskauden aikana. Tutkimusta voitaisiin pitää myös kohorttitutkimuksena eri astutussysteemien toimissa kohortteina.

Guerin ja Wang (1994) toteuttivat tutkimuksensa retrospektiivisenä survey-tutkimuksena yhdessä siittolassa. Tutkimukseen otettiin mukaan vain tyhjät tammammat. Aineistosta pois jätettiin ne tammammat, joiden ensimmäinen ovulaatio tapahtui yli 150 päivää talvipäivänseisauksen jälkeen, koska näillä tammoilla katsottiin olevan jokin patologinen syy myöhästyneelle kiimakierron alkamiselle. Lisäksi pois jätettiin ne tammammat, joilla oli käytetty hormonihoitoja kiiman tai ovulaation indusoimiseksi.

Hembergin ym. (2004) tutkimus voidaan niin ikään tulkita joko prospektiiviseksi surveyksi (tutkijoiden oma tulkinta) tai prospektiiviseksi kohorttitutkimukseksi. Aineiston kerääminen oli hyvin suunniteltu ja ympäristön sekoittavat tekijät (erot esimerkiksi olosuhteissa ja hoidoissa) eliminoituivat sillä, että tutkimus toteutettiin kokonaisuudessaan yhdessä siittolassa ja ensimmäinen kirjoittaja suoritti itse kaikki kliiniset tutkimukset ja lääketieteelliset toimenpiteet.

Keiper ja Houpt (1984) tutkivat villinä eläviä hevospopulaatioita prospektiivisen kohorttitutkimuksen keinoin. Tässä tapauksessa tutkimusmenetelmän paremmuutta muihin menetelmiin nähden vähentää kuitenkin aineiston analysointiin käytettyjen tilastollisten menetelmien puutteellisuus. Ilman monimuuttuja-analyysiä tulokset vaikuttavat ainakin osittain epäluotettavilta ja niitä voidaan pitää lähinnä karkeina suuntaviivoina, jotka vaatisivat tarkempaa tutkimusta ja kattavaa tilastollista analyysiä.

Langloisin ja Blouinin (2004) tutkimus oli tyypiltään retrospektiivinen kohorttitutkimus, sillä se perustui vuosien aikana kerättyihin jalostusjärjestöjen ylläpitämiin tilastoihin. Tällaisen aineiston hyvä puoli on se, että sitä on yleensä saatavilla usean vuoden ajalta, eikä aikaa kulu aineiston hankkimiseen prospektiivisesti. Retrospektiivisen aineiston huono puoli on se, ettei aineiston luotettavuudesta voida olla varmoja sekä se, että aineisto on harvoin yhtä yksityiskohtainen ja kattava kuin prospektiivisesti kerätty

aineisto, jonka sisällön tutkija voi määritellä etukäteen. Tässäkin tutkimuksessa osa tiedoista oli saatavilla vain osalle tammoja, mikä pienentää otoskokoa joidenkin tutkittavien muuttujien suhteen.

McDowell ym. (1992) toteuttivat tutkimuksensa retrospektiivisenä surveyinä. Aineisto oli varsin laaja (taulukko 1), mikä on osaltaan hyvä asia. Toisaalta näin monesta yksilöstä on vaikea saada luotettavia tietoja monen muuttujan osalta. Tutkijat analysoivatkin tutkimuksessaan ainoastaan kolmea selittävää muuttujaa.

Morrisin ja Allenin (2002) tutkimus oli retrospektiivinen survey, mutta käytetty aineisto oli kattavampi kuin retrospektiivisissä tutkimuksissa yleensä. Tämä johtuu mahdollisesti siitä, että heidän tutkimusalueellaan Englannin Newmarketissa on pitkät perinteet täysiveristen hevosten jalostukselle, jolloin myös astutuskirjanpito on muotoutunut ammattimaiseksi. Lisäksi tutkijat jättivät tutkimuksen ulkopuolelle tammat, joiden kohdalla kirjanpito oli puutteellista.

Nagy (2005) toteutti tutkimuksensa yhden astutuskauden aikana kolmessatoista siittolassa Yhdysvalloissa, prospektiivisena kohorttitutkimuksena.

Sairanen ym. (2009) toteuttivat tutkimuksensa retrospektiivisenä kohorttitutkimuksena. Heidän aineistonsa oli varsin laaja: kaikki lämminveristen ravihevosten ja suomenhevosten astutustilastot 15 vuoden ajalta. Välttääkseen puutteellisten tai muuten sekoittavien tietueiden aiheuttamaa vääristymää he joutuivat jättämään pois 5,1 % lämminveristen ja 2,9 % suomenhevosten astutustiedoista.

Sharman ym. (2010) käyttämä tutkimustyyppi oli retrospektiivinen survey. Aineisto kerättiin yhdeksän intialaisen oriaseman tilastoista. Eri oriasemilla on erilaiset käytännöt: esimerkiksi tässä tutkimuksessa vain  $\frac{3}{4}$  tammoista tutkittiin ultraäänen avulla missään astutuskauden vaiheessa. Erot ensimmäisen tiineystarkastuksen ajankohdassa voivat vaikuttaa ainakin laskettuihin tiineydenmenetysprosentteihin eri tiineyden vaiheissa.

## Tulosten pohdinta

Seuraavassa käsitellään tutkimuksissa saatuja tuloksia siten, että useimmin merkitseviksi havaittuja muuttujia käsitellään ensin järjestyksessä merkitsevimmästä vähemmän merkitseviin ja niihin, joita on tutkittu harvemmin. Tämän jälkeen käsitellään ympäristö- ja muita tekijöitä, jotka vaihtelevat tutkimuskohtaisesti. Omana kokonaisuutenaan käsitellään moniovulaatioihin ja -tiineyksiin vaikuttavia tekijöitä, sillä moniovulaatioilla ja -tiineyksillä on suuri vaikutus hevosen lisääntymistulokseen.

### *Tamman ikä, status ja rotu*

Tärkeitä tiinehtymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat tamman ikä ja status. Status tarkoittaa tamman lisääntymishistoriaa: useimmissa tutkimuksissa on eritelty ainakin ensikertalaiset (maiden) ja aiemmin varsoneet tammat, osassa tutkimuksista lisäksi edellisellä kaudella tyhjäksi jääneet (barren, tyhjä), aiemmin mutta ei kuluvalle kaudella varsoneet (rested, levossa), edellisellä kaudella luoneet tai abortoineet tammat (resorpted/aborted, abortoinut) ja/tai kuluvalle kaudella varsoneet tammat (foaling, varsonut).

Allen ym. (2007) havaitsivat, että koko astutuskauden aikainen tiinehtymisprosentti päivänä 15 astutuksesta oli risuestelaukkahevosilla (ryhmä B) hieman korkeampi kuin tasaisella kilpailevilla laukkahevosilla (ryhmä A) jokaisessa ikä- ja statusryhmässä, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,001$ ) ainoastaan ensikertalaisten ryhmässä. He havaitsivat myös, että kiimakohtainen tiinehtymisprosentti laski tammojen iän noustessa. Myös tamman status vaikutti tiinehtymisprosenttiin päivänä 15 siten, että ensikertalaiset tiinehtyivät parhaiten (73,8 % ryhmä B, 66,2 % ryhmä A), sitten varsoneet tammat (65,8 % ryhmä B, 64,9 % ryhmä A) ja huonoiten tiinehtyivät tyhjat tammat (61,3 % ryhmä B, 56,2 % ryhmä A). Kumulatiivinen tiineysprosentti päivän 42 kohdalla osoitti, että ryhmän B keskuudessa tapahtui enemmän varhaisluomisia verrattuna ryhmään A (59,9 % ryhmä B, 58,2 % ryhmä A). Lokakuun

tiineystarkastuksessa tiineysprosenttien ero oli jo kääntynyt ryhmän A hyväksi (85,9 % ryhmä B, 89,2 % ryhmä A,  $P = 0,01$ ), mikä tutkijoiden mukaan kertoo merkitsevästi suuremmasta tiineydenmenetysprosentista ryhmän B tammojen keskuudessa (6,1 % ryhmä B, 3,6 % ryhmä A,  $P < 0,001$ ). Ryhmien väliset erot selittyvät tutkijoiden mukaan osaltaan sillä, että ryhmän B kohdalla käytettiin enemmän kohtuhoitoja tiineyden aikaansaamiseksi (45,6 % ryhmä B, 32,6 % ryhmä A). Toisaalta he eivät löytäneet merkitseviä eroja kiimakohtaisissa tiinehtymisprosentteissa eri hoitoa saaneiden tai hoitoa saamattomien tammojen välillä. Osaltaan erot selittyvät heidän mukaansa sillä, että ryhmän B tammoja astutettiin keskimäärin useamman kerran kiimaa kohden kuin ryhmän A tammoja. Tutkimuksessa havaittu ryhmän A hieman parempi varsomisprosentti (75,8 % ryhmä B, 79,7 % ryhmä A) selittyy tutkijoiden mukaan ryhmien välisellä tilastollisesti merkitsevällä ikäjakaumien erolla ( $P < 0,001$ ): ryhmässä A oli selkeästi enemmän 3-8 -vuotiaita tammoja kuin ryhmässä B. Myös statusryhmittäin ryhmät A ja B olivat erilaiset: ensikertalaisten määrä oli suunnilleen sama mutta ryhmässä B oli enemmän tyhjiä ja vähemmän varsoneita tammoja kuin ryhmässä A ( $P < 0,001$ ). Tamman iällä on tutkijoiden mukaan merkitsevä vaikutus koko tiineyden aikaisiin tiineydenmenetysprosentteihin: tiineydenmenetysprosentit eri ikäryhmille (3–8, 9–13, 14–18 ja yli 18 vuotta) olivat 10,6 %, 15,2 %, 20,2 % ja 27,9 %. Lisäksi taulukoista huomataan, että vanhemmilla tammoilla oli enemmän tiineyden menetyksiä tiineyden alkuvaiheessa verrattuna nuorempiin.

Brück ym. (1993) jaottelivat tammat ikäryhmiin 3–5, 6–10, 11–15 ja 16 -vuotiaat tai vanhemmat. He havaitsivat tilastollisesti merkitsevän eron kiimakohtaisessa tiinehtymisprosentissa 3–10 -vuotiaiden ja sitä vanhempien tammojen välillä (86,7 ja 77,6 %,  $P < 0,001$ ). Tässä tutkimuksessa ei sen sijaan löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja eri statusryhmien välillä tiinehtymisen suhteen: kiimakohtaiset tiinehtymisprosentit ensikertalaisille, tyhjiille ja varsoneille tammoille olivat 87,3; 82,3 ja 84 %.

Kiimakohtaisen tiinehtymisprosentin lisäksi Brück ym. (1993) tutkivat varsomisprosenttien sekä tiineydenmenetysprosenttien eroja eri tammaryhmissä. He havaitsivat, että varsomisprosentti oli merkitsevästi korkeampi 3–10 -vuotiailla

tammoilla kuin sitä vanhemmilla (73,6 ja 59,3 %,  $P < 0,001$ ). Samankaltainen ero havaittiin statusryhmissä ensikertalaisten suhteen: varsomisprosentti ensikertalaisilla oli 76,6 %, varsoneilla 68,6 % ja tyhjillä tammoilla 67,6 %. 3–10 -vuotiaiden ryhmästä ensikertalaisia oli 17,3 %, varsoneita 59,0 % ja tyhjiä 24,2 % mutta tutkimuksesta ei käy ilmi, oliko eri tammatyypin suhteellista jakautumista ikäryhmittäin otettu analyyseissä huomioon.

Brück ym. (1993) havaitsivat tutkimuksessaan myös sen, että 3–5 -vuotiaiden ryhmässä koko tiineyden aikaisten tiineydenmenetyksen esiintyvyys oli merkitsevästi matalampi kuin muissa ikäryhmissä ( $P < 0,05$ ), kun taas yli 15 -vuotiaiden ryhmässä se oli merkitsevästi korkeampi ( $P < 0,05$ ). Tiineydenmenetysprosentti oli merkitsevästi pienempi myös ensikertalaisten ryhmässä ( $P < 0,05$ ) verrattuna varsoneisiin ja tyhjiin tammoihin. Tässä tutkimuksessa suuri osa tiineydenmenetyksistä etenkin tiineyden alkuvaiheessa on kuitenkin jäänyt huomioimatta siksi, että osalle tammoista ensimmäinen tiineystarkastus tehtiin vasta hyvin myöhään toisin kuin esimerkiksi Morrisin ja Allenin (2002) ja Allenin ym. (2007) tutkimuksissa, joissa ensimmäinen tiineystarkastus tehtiin päivänä 15 astutuksesta. Toisaalta Brückin ym. (1993) havaitsema yleinen tiineydenmenetysprosentti koko aineistolle oli 19,5 %, mikä on linjassa muissa tutkimuksissa saatujen tiineydenmenetysprosenttien kanssa (17,3 % Morris ja Allen (2002); 14,4 % Allen ym. (2007)). On oletettavaa, että mikäli Brück ym. (1993) olisivat kirjanneet myös varhaisluomiset, olisi tiineydenmenetysprosentti heidän tutkimuksessaan vieläkin korkeampi. Mahdollinen selitys voi olla se, että tutkimusten välillä on kulunut aikaa 10–15 vuotta, jolloin tänä aikana huomattavasti alentuneet tiineydenmenetysprosentit selittyisivät esimerkiksi olosuhteiden ja siitostammojen laadun paranemisella.

van Buiten ym. (1998) ottivat huomioon eri-ikäisten ja -tyyppisten tammojen jakautumisen eri astutussysteemeihin kiineliötestin avulla. Missään ei kuitenkaan mainita, oliko eri systeemeissä merkitseviä eroja näiden muuttujien suhteen. van Buiten ym. (1999) keskittyivät tutkimaan orikohtaisia lisääntymistuloksia eivätkä niin ikään ottaneet huomioon tammojen ominaisuuksien vaikutuksia lisääntymistulokseen.

van Buiten ym. (2003) jaottelivat tammat ryhmiin ainoastaan iän perusteella eivätkä näin ollen ottaneet huomioon tamman statusta eli lisääntymishistoriaa. He löysivät tilastollisesti merkitseviä eroja ( $P < 0,000$ ) eri ikäryhmien välillä friisiläisten hevosten ja shetlanninponien kohdalla. Friisiläisten kohdalla uusimattomuusprosentti 3–12 -vuotiaille tammoille oli 5–11 prosenttiyksikköä korkeampi kuin tätä vanhemmilla tammoilla, joilla uusimattomuusprosentti oli 64 %. Shetlanninponeilla uusimattomuusprosentti 4–8 -vuotiaille tammoille oli 7–8 prosenttiyksikköä korkeampi kuin yli 12 -vuotiaille tammoille (68 %). Toisaalta uusimattomuusprosentti alle kolmevuotiailla shetlanninponeilla oli samaa luokkaa kuin yli 12 -vuotiailla, mutta tutkijat eivät pohtineet syitä tälle. Yllättävä oli van Buitenin ym. (2003) havainto siitä, että hollantilaisen ratsuhevosen kohdalla iällä ei vaikuttanut olevan merkitystä uusimattomuusprosenttiin. Syitä tälle ei tutkimuksessa pohdittu, mutta mahdollinen syy voi olla paremmissa olosuhteissa ja eläinlääkinnän tasossa verrattuna tutkimuksessa mukana olleeseen kahteen muuhun rotuun.

Davies Morel ja Gunnarsson (2000) havaitsivat tutkimuksessaan, että tamman iällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus heidän määrittämäänsä orin hedelmällisyysasteeseen ( $P < 0,001$ ) etenkin nuorten tammojen kohdalla. Tamman ikä selitti heidän tutkimuksessaan 1,7 % orien hedelmällisyysasteen vaihtelusta. Tamman statuksella (varsonut, levossa, tyhjä) ei ollut vaikutusta varsomisprosenttiin, mutta kun orin vaikutus otettiin huomioon, löydettiin tilastollisesti merkitsevä yhteys ( $P < 0,001$ ). Tutkijoiden mukaan tamman status selitti 6,1 % orien hedelmällisyysasteen vaihtelusta ja oli tärkein yksittäinen hedelmällisyysasteeseen vaikuttava muuttaja.

Hemberg ym. (2004) tutkivat tammoja ikähaarukoissa 3–4, 5–8, 9–13 ja yli 13 vuotta, sekä tammatyypeittäin ensikertalaiset, varsoneet, tyhjät, abortoineet ja levossa olevat. Tiinehtymisprosentit olivat eri ikäryhmille 72,5; 69,9; 69,0 ja 63,9 %. Heidän mukaansa tamman ikä ei vaikuttaisi kiimakohtauksen tiinehtymisprosenttiin, kun tiinehtymisen mittarina oli tiineystarkastus 14. ja 15. päivänä ovulaatiosta. Sen sijaan he väittivät, että todennäköisyys synnyttää elävä varsa laski jo yli 8 -vuotiailla tammoilla ja että yli 13 -vuotiailla tammoilla oli selkeästi suurentunut todennäköisyys menettää tiineys 15 tiineysvuorokauden jälkeen. Tätä ei kuitenkaan pysty näkemään heidän esittämistään

taulukoista, vaan taulukoissa on esitetty tiinehtyvyys- ja varsomisprosentit tammatyypeittäin eikä ikäryhmittäin. He raportoivat myös, että ensikertalaisilla ja varsoneilla tammoilla oli vähemmän tiineyden keskeytymisiä verrattuna edellisellä kaudella tyhjäksi jääneisiin ja edellisellä kaudella abortoineisiin tammoihin. Tämä perustui silmämääräiseen arvioon eikä tilastolliseen testaukseen; tosin heidän antamiaan tiineydenmenetysprosentteja eri tammatyypeille (ensikertalainen, varsonut, tyhjä, abortoinut: 7,8; 12,2; 15,3 ja 20,4 prosenttiyksikköä) ei myöskään löytynyt taulukoista, vaan taulukoiden perusteella pystytään laskemaan luvut 3,7; 11; 15 ja 19,7 prosenttiyksikköä. Tutkijat selittävät ilmiötä tammojen iällä: heidän analyysinsä mukaan suurin osa näihin ryhmiin kuuluvista tammoista kuuluu ikäryhmiin 9–13 tai yli 13 vuotta. Tosin tätä analyysiä ikäryhmien ja tammatyypin välisestä yhteydestä ei myöskään löydy heidän taulukoistaan eivätkä he ole käyttäneet monimuuttuja-analyysiä. Lisäksi he eivät ole analyyseissään ottaneet huomioon tammoille tehtyjä kohtuhoitoja. On oletettavaa, että vanhemmilla tammoilla on nuorempia useammin hoitoa vaativia kohtuongelmia, joten hoitojen huomioimatta jättäminen aiheuttaa varmasti vääristymää tuloksiin. Tutkijat toteavatkin, että kohtuhoitojen avulla parantunut tiinehtyvyys saattaa pienentää eroja tiineydenmenetysprosentteissa eri tammatyyppien (ja ikäryhmien) välillä.

Keiper ja Houpt (1984) löysivät tutkimuksessaan tilastollisesti merkitsevän ( $P < 0,05$ ) korrelaation tamman iän ja varsomisprosentin välillä. Alle 3-vuotiaat villit tammat eivät varsoneet. 3-vuotiailla tammoilla varsomisprosentti oli 23 %, 4-vuotiailla 46 %, 5 - vuotiailla 53 % ja 6-vuotiailla ja vanhemmilla 69 %. He havaitsivat lisäksi, että tamman iällä ei ollut vaikutusta elävänä syntyneen varsan selviytymiseen.

Langlois ja Blouin (2004) havaitsivat, että positiivinen korrelaatio tamman iän ja elävän varsan syntymisen välillä kasvoi ikävuosina kahdesta kolmeen, saavutti tasannearvon ikävuosina 4-6 ja laski suhteellisen jyrkästi ikävuosiin 25–26, jolloin se oli liki nolla. Iän merkitys on Langloisin ja Blouinin (2004) mukaan suhteellisen luotettava. He esittävätkin, että jos sallitaan vain 10 % hedelmällisyyden lasku kunkin jalostukseen käytettävän yksilön kohdalla, yli 8-vuotiaita tammoja ei pitäisi käyttää ollenkaan. Tämä 10 % on itse asiassa suhteellisen varsomispaineen lasku, mikä on tapahtunut tamman



iän lisääntyessä 5-vuotiaasta 8-vuotiaaseen ja mikä ilmenee heidän raporttinsa kuvasta 3, jossa 8-vuotiaiden tuottavuuden suhteellinen paine (odds ratio, tässä tapauksessa varsomispaineiden suhde) on 0,9 verrattuna parhaaseen tuottavuuteen 5-vuotiailla, joka on saanut arvon 1. Kun tästä kuvasta saatujen ”oddsien” eli varsomispaineiden avulla lasketaan vastaavat osuudet (todennäköisyydet), joita yleensä käytetään hedelmällisyyden kuvaajina, saadaan tulokseksi, että 8 vuoden iässä tuottavuus olisi laskenut vasta noin 3 %. Kun muunnoskaavoja käytetään oikein, 10 %:n lasku hedelmällisyydessä tulisi vasta noin 13-vuotiaalla tammalla. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että jos hyväksyttäisiin vain 10 %:n lasku, vasta yli 13-vuotiaat tammot, joita ei saada tiineeksi, tulisi karsia jalostuskäytöstä toisin kuin Langloisin ja Blouinin (2004) suosittamat yli 8-vuotiaat.

Langlois ja Blouin (2004) jaottelivat tutkimuksessaan erikseen tammot, jotka olivat varsoneet edellisellä astutuskaudella (foaling) sekä tammot, jotka eivät olleet varsoneet. Jälkimmäinen ryhmä jaoteltiin vielä ensikertalaisiin sekä sellaisiin yksilöihin, jotka eivät olleet varsoneet edellisen astutuskauden tiinehdyttämisyrityksistä huolimatta (barren). Heidän mukaansa ne tammot, joilla oli ollut varsa edelliseltä kaudelta (foaling), tiinehtyivät todennäköisemmin kuin ensikertalaiset tai edellisellä kaudella tiinehtymättömät tammot. He raportoivat tutkimuksessaan, että varsalliset varsoivat seuraavana vuonna 35 % todennäköisemmin kuin levossa olevat (rested) ja tyhjäksi edellisellä kaudella jääneet (barren) tammot ja ensikertalaiset 21 % huonommin kuin levossa olevat ja tyhjäksi jääneet tammot. Molemmat luvut on kuitenkin jälleen laskettu väärin ja vastaavat oikeat luvut olisivat 7,4 ja 5,9 %. Tulos on heidän mukaansa ristiriidassa oletukseen laktaation negatiivisesta vaikutuksesta hedelmällisyyteen. Toisaalta Keiper ja Houpt (1984) esittivät tutkimuksessaan syynä huonoon varsomisprosenttiin tammojen stressin, joka johtui samanaikaisesta maidontuotannosta ja uuden varsan kantamisesta rehun laadun ja määrän ollessa huono, koska hedelmällisyys oli huonompi ponisaaren siinä osassa, jossa ponien varsoja ei vieroiteta vuosittain ja jossa poneja ei hoideta systemaattisesti. On oletettavaa, että Langloisin ja Blouinin (2004) tutkimuksen tammot lisääntyivät kontrolloiduissa ympäristöissä ja vierotettiin varsoistaan aiemmin kuin luontaisissa oloissa olevat tammot Keiperin ja

Hauptin (1984) tutkimuksessa. Voidaan lisäksi olettaa, että jälkimmäisen ryhmän ravinnonsaanti oli edellistä heikompaa.

Langloisin ja Blouinin (2004) mukaan varsattomista tammoista ensikertalaiset varsoivat harvemmin kuin muut. Tämän he epäilivät johtuvan siitä, että tamman ensimmäinen kiima on vaikea havaita ja että ensikertalaiset eivät ole vielä valikoituneet hedelmällisyyden suhteen. Tämä on ristiriidassa esimerkiksi Brückerin ym. (1993) tutkimustuloksen kanssa, jonka mukaan ensikertalaisilla on korkeampi varsomisprosentti ( $P < 0,05$ ) kuin varsoneilla tai tyhjillä tammoilla.

Langlois ja Blouin (2003) löysivät rotukohtaisia eroja varsomisprosentissa. Kylmäveristen rotujen varsomisprosentti oli yleisesti ottaen pienempi kuin lämminveristen rotujen, joista ranskalainen ravihevonen saavutti parhaan varsomisprosentin (62 %). He selittävät eroja rotujen mahdollisilla biologisen hedelmällisyyden eroilla tai eroilla hedelmällisyystulosten tuomisessa julkisuuteen. Eri rotujen jalostusjärjestöillä on erilaiset ilmoituskäytännöt: esimerkiksi kylmäveristen hevosten kohdalla suuri osa syntyneistä varsoista jää ilmoittamatta, koska ne ovat liian huonoja siitoskäyttöön. Lämminverisen ravihevosoriin omistaja taas ilmoittaa usein astutetuista vain tiineiksi tulleet tammot niiden rajoitusten takia, joilla pyritään säätelemään orien tammamääriä ja näin ollen sisäsiittoisuusasteen kasvua. Hevosjalostuksen yleisesti huono tuottavuus selittyy tutkijoiden mukaan suurimmaksi osaksi alan amatööriydellä.

McDowell ym. (1992) käsitelivät tutkimuksessaan ainoastaan tamman iän vaikutusta ja jättivät statuksen huomioimatta. Heidän mukaansa tamman varsomisprosentti elävälle varsalle (live foal rate) laski tamman iän noustessa ( $P < 0,0001$ ). Heidän graafisen esityksensä perusteella näyttäisi kuitenkin siltä, että varsomisprosentti kohoaa ikävuosista 1–2 ikävuosiin 6–7 ja kääntyy laskuun vasta tämän jälkeen.

Morris ja Allen (2002) raportoivat, että tamman ikä ja status ovat merkittävimmät yksittäiset lisääntymistulokseen vaikuttavat tekijät populaatiossa. Ikä ja status vaikuttavat kuitenkin heidän mukaansa eri mekanismeilla: eri ryhmien välillä eroja

löydettiin kiimakohteisissa tiinehtymisprosentteissa sekä tiineydenmenetysprosentteissa kokonaisuudessaan ja tiineyden eri vaiheissa. Päivän 15 tiinehtymisprosentit ikäryhmille 3–8, 9–13 ja 14–18 vuotta olivat 63, 61 ja 51 %. He havaitsivat lisäksi, että sekä tamman iällä että statuksella oli merkitsevä ( $P < 0,001$ ) yhteys tiineyden menetyksiin. Suurin osa tiineyden menetyksistä (59,7 %) tapahtui päivien 15 ja 35 välillä. Tämän jälkeen menetettiin vielä jäljellä olevista tiineyksistä 7 %. Yleisesti ottaen 3–8 -vuotiailla oli vähiten tiineyden menetyksiä ja tähän ryhmään verrattuna tiineydenmenetyksiä oli selkeästi enemmän 9–13 -vuotiaiden ryhmässä. Ensikertalaisten ja varsoneiden tai tyhjien tammojen välillä ei havaittu eroa koko tiineyden aikaisissa tiineydenmenetysprosentteissa. Tutkijoiden mukaan tämä tukee varhaisemmissa tutkimuksissa tehtyjä havaintoja siitä, että tamman ikä vaikuttaa statusta enemmän kohdun tilaan.

Jos tarkastellaan Morrisin ja Allenin (2002) tutkimuksessa tiineyden menetyksiä eri tiineyden vaiheissa, 3–8 -vuotiailla tammoilla oli vähemmän tiineyden menetyksiä päivien 15 ja 35 välillä kuin vanhemmilla tammoilla ( $P < 0,001$ ). Nuorilla oli sitä vastoin enemmän tiineyden menetyksiä päivän 35 ja lokakuun tiineystarkastuksen välillä kuin 9–13 -vuotiailla verrokeillaan ( $P = 0,002$ ). Ensikertalaiset menettivät vähemmän tiineyksiä päivien 15 ja 35 välillä verrattuna varsoneisiin tammoihin ( $P = 0,0006$ ), mutta tiineydenmenetysprosentit päivän 35 ja lokakuun tiineystarkastuksen välillä sekä lokakuun tiineystarkastuksen jälkeen olivat samankaltaiset kaikissa statusryhmissä. Näistä tuloksista voidaan päätellä, että varhaisluomiset ovat yleisempiä vanhempien tammojen keskuudessa verrattuna 3–8 -vuotiaiden ryhmään.

Tamman status ei Morrisin ja Allenin (2002) mukaan vaikuttanut kiimakohlaiseen tiinehtyvyysprosenttiin, toisin kuin vuonna 1983 toteutetussa tutkimuksessa (Sanderson ja Allen, 1987), vaan ennemminkin tiineydenmenetysprosentteihin eri tiineyden vaiheissa kuten edellä on kuvattu. Poikkeuksena tästä ovat levossa olevat tammat, joiden kiimakohmainen tiinehtymisprosentti päivänä 15 oli selkeästi muita ryhmiä huonompi. Tutkijat esittävätkin, että ”välivuosien” pitäminen siitoksessa olevilla tammoilla ei ole järkevää.

Morrisin ja Allenin (2002) tutkimuksessa kohtuhoitoja annettiin eniten yli 14-vuotiaille tammoille. Tutkijoiden mukaan tämä saattaa kuvastaa vanhempien tammojen nuorempia suurempaa alttiutta tulehduksille ja kohdun rappeumamuutoksille, mikä tukisi havaintoa varhaisluomisten suuremmasta esiintyvyydestä vanhempien tammojen keskuudessa. Toisaalta kohtuhoitoja saaneiden ja muiden tammojen välillä ei ollut merkitseviä eroja kiimakohdisten tiinehtymisprosenttien suhteen. Näin ollen kiimakohdisten tiinehtymisprosenttien erot eri ikä- ja statusryhmien välillä selittyvät muilla tekijöillä kuin kohtuhoidoilla ja lääkityksillä. Havaintoa tukee se seikka, että vaikka eri eläinlääkäreiden välillä oli eroja kohtuhoitojen käytössä, ei eroja ollut eläinlääkäreiden välillä tammojen kiimakohdistaisissa tiinehtymisprosentteissa.

Nagy (2005) jaotteli tutkimuksessaan tammät ikäryhmiin alle 5 vuotiaat, 5–9, 10–14, 15–19 ja yli 20 -vuotiaat. Hän havaitsi, että iällä oli pieni mutta tilastollisesti merkitsevä vaikutus tiinehdyttämiseen kuluneeseen aikaan: jokainen ikävuosi lyhensi aikaa 0,51 päivällä ( $P < 0,01$ ). Vanhat tammät siis tiinehtyivät lyhyemmässä ajassa kuin nuoret. Nagyn (2005) aineistossa valtaosa tammoista oli varsoneita (70,67 %). Hän havaitsi, että tammän statuksella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus tiinehdyttämiseen kuluneeseen aikaan: varsoneilla tammoilla keskimääräinen aika oli 15,84 päivää lyhyempi kuin ensikertalaisilla ( $P < 0,01$ ) tai tyhjillä 4,85 päivää pidempi kuin ensikertalaisilla ( $P < 0,05$ ). Tämä on ristiriidassa esimerkiksi Morrisin ja Allenin (2002) kanssa, joiden mukaan 3–8 -vuotiaat tammät (joista suuri osa mahdollisesti ensikertalaisia) tarvitsivat vähemmän astutuskertoja per tiineys. Nagy selittää ristiriitaa sillä, että hänen tutkimuksessaan ensikertalaiset saattoivat saapua siittolaan suoraan kilparadoilta ja olisivat näin ollen vaatineet hieman pidemmän ajan sopeutuakseen uusiin olosuhteisiin. Hän ei kuitenkaan ota huomioon sitä, että varsoneiden tammojen selvästi lyhyempään tiinehdyttämisaikaan saattaa merkittävästi vaikuttaa se, että osa varsoneista on saatettu astuttaa jo varsakiimaan.

Sairanen ym. (2009) yhdistivät tutkimuksessaan tammojen iät ja statukset siten, että jokainen ikäryhmä (1–2, 3, 4, 5, 6, 7–9, 10–13, 14–16 ja 17–24 -vuotiaat) jaettiin useampaan alaryhmään statuksen (ensikertalainen, varsonut, tyhjä, levossa) mukaan. Yleinen trendi heidän tutkimustuloksissaan oli, että mitä vanhempi tamma oli, sitä

matalammat olivat varsomisprosentit, etenkin mikäli vanha tamma oli ensikertalainen. Toisin sanoen vanhalle tammalle on eduksi, mikäli se on varsonut aiemmin, mielellään vieläpä samana kesänä kuin suunniteltu astutus. Suomenhevosten ryhmässä ensikertalaisten lisääntymistulos oli heikoin kaikissa ikäryhmissä. Ikäryhmässä 1–3 -vuotiaat suomenhevoset tiinehtyivät lämminverisiä paremmin. Ensikertalaiset saavuttivat parhaan lisääntymistuloksen 5- (suomenhevonen) tai 6-vuotiaina (lämminverinen). Lämminveriset saavuttivat parhaan lisääntymisiän myöhemmin ja säilyttivät sen suomenhevosta pidempään. Tämän tutkimuksen tulokset iän ja statuksen vaikutuksesta lisääntymistulokseen mahdollistavat syy-seuraussuhteiden pohtimisen parhaiten, koska ikä ja status on otettu huomioon mallissa yhtä aikaa.

Sharma ym. (2010) jaottelivat tammät ikäryhmiin 3–7, 8–12, 13–17 ja yli 18 vuotta, sekä statusryhmiin ensikertalaiset, tyhjät, varsoneet, levossa olevat, abortoineet ja uusijat (repeated: ne tammät, jotka astutettiin uudestaan saman astutuskauden aikana niiden menetettyä jo havaitun tiineyden). Tiinehtymisprosentiksi koko aineistolle päivänä 16 saatiin 50,3 %. Tutkijat havaitsivat, että iällä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys ( $P < 0,008$ ) sekä kiimakohlaiseen että koko kauden aikaiseen tiinehtymisprosenttiin päivänä 16: 3–7 ja 8–12 -vuotiailla tiinehtymisprosentit olivat merkittävästi korkeammat (kiimakohtaisesti 54,08 ja 51,93 %) kuin yli 18-vuotiailla (35,9 %). Bonferronikorjauksen jälkeen tammän statuksella ei ollut merkitystä päivän 16 tiinehtymisprosenttiin, mutta päivän 39 tiinehtymisprosentit olivat merkitsevästi korkeammat ( $P < 0,003$ ) ensikertalaisilla (52,66 %) ja varsoneilla (48,53 %) verrattuna tyhjiin tammoihin (37,63 %). Nämä havainnot viittaavat siihen, että tammän statuksella on merkitystä tiineydenmenetysprosenttiin päivien 16 ja 39 välillä.

Sharman ym. (2010) tutkimuksessa tiineydenmenetysprosentti koko aineistolle oli 15,27 %. Tiineydenmenetyksiä päivien 16 ja 39 välillä tapahtui enemmän yli 18-vuotiaille tammoille (54,55 %,  $P < 0,001$ ) kuin 3–7 -vuotiaille (16,38 %) ja 8–12 -vuotiaille (21,53 %). Myös myöhemmin tiineyden aikana tapahtuneiden tiineydenmenetysten esiintyvyys oli korkeampi yli 18-vuotiaiden tammojen ryhmässä ( $P < 0,008$ ). Kuten mainittu, myös tammän statuksella oli vaikutusta tiineydenmenetysten esiintyvyyteen päivien 16 ja 39 välillä: tiineydenmenetysprosentit tälle ajanjaksolle olivat 11,88 %

(ensikertalaiset,  $P < 0,001$ ), 30,32 % (tyhjät), 35,48 % (levossa olevat) ja 38,0 % (uusijat). Koko tiineysaikaa tarkasteltaessa abortoineilla tammoilla oli suurempi tiineydenmenetysprosentti kuin varsoneilla ( $P < 0,003$ ). Tiineydenmenetysprosentti oli myös suurempi uusijoilla ja levossa olevilla verrattuna ensikertalaisiin ( $P < 0,003$ ).

Sharma ym. (2010) käyttivät tutkimuksessaan toisena lisääntymistuloksen mittarina varsomisprosenttia. He havaitsivat, että varsomisprosentti 3–7 -vuotiaiden ryhmässä oli korkeampi (76,55 %;  $P < 0,0001$ ) verrattuna 13–17 -vuotiaiden (61,99 %) ja yli 18 -vuotiaiden (34,09 %) ryhmiin. Statusryhmittäin tarkasteltuna varsomisprosentti oli matalampi uusijoiden ryhmässä (52,0 %) verrattuna varsoneisiin (72,09 %) ja ensikertalaisiin (78,22 %,  $P < 0,003$ ).

### ***Orin vaikutus***

Oriin vaikutusta lisääntymistulokseen tutkittiin eri tavoin. Allenin ym. (2007) tutkimuksen oriaineistossa oli 84 ryhmän A oria sekä 43 ryhmän B oria. Näistä 36 ja 13 astuivat yli 30 tammaa kukin. Lisäksi seitsemän oria ryhmästä A oli viettänyt edellisen talven astumalla tammoja eteläisellä pallonpuoliskolla Australiassa ja Aasiassa. Allen ym. (2007) eivät tutkimuksessaan havainneet orin vaikutusta kiimakohlaiseen tiinehtymisprosenttiin päivänä 15 astutuksesta. Orin ikä ei heidän tutkimuksessaan vaikuttanut tiinehtymisprosenttiin, tiineydenmenetysprosenttiin, monitiineyksien osuuteen eikä astutusten määrään tiineyttä kohden. He eivät myöskään havainneet eroa tiinehtymisprosentteissa niiden seitsemän oriin, jotka olivat astuneet koko kalenterivuoden ajan, ja muiden orien välillä. Heidän mukaansa näyttäisi siis siltä, ettei orin käyttö ympäri vuoden vähennä sen hedelmällisyyttä siitä huolimatta, että hevonen on kausilisääntyjä. Lisäksi tutkijat havaitsivat, että ne tammot, jotka oli astutettu tietyillä kymmenellä orilla, menettivät 13–23 % tiineyksistä, kun luku muiden orien kohdalla oli 0–12 %. Tutkijoiden mukaan vaadittaisiin tarkempia tutkimuksia sen selvittämiseksi, ovatko tämän ilmiön syynä geneettiset vai olosuhdetekijät.

Brück ym. (1993) toteavat, että varhaisempien tutkimusten valossa orin hedelmällisyydellä (ja siittoloiden astutuskäytännöillä) on merkitystä tiinehtymisprosentteihin, mutta että he eivät analysoineet näitä tutkimuksessaan, koska ne olivat täysin sekoittuneet (completely confounded), mitä perustelua on erittäin vaikea ymmärtää. Jos joku muuttuja on edes potentiaalinen sekoittava tekijä, se tulisi ottaa analysoitaessa huomioon rajoittavalla otannalla (tutkitaan tiinehtymisprosentteja erilaisissa ryhmissä orin ja siittoloiden astutuskäytäntöjen suhteen), kaltaistamalla tai monimuuttujamallien avulla (Dohoo ym., 2003).

van Buitenin ym. (1998) tutkimuksessa orikohtaiset varsomisprosentit vaihtelivat välillä 33–81 % (kontrolloidusti astuneet, systeemit 1 ja 2) ja 73–92 % (vapaasti laitumella astuneet, systeemi 3). Orin ikä vaikutti tutkijoiden mukaan merkittävästi kausikohtaiseen varsomisprosenttiin. Heidän laskujensa mukaan tamman paine (odds) saada varsa nousi 1,1 kertaa korkeammaksi jokaista orin elinvuotta kohden ( $P < 0,05$ ). Käytännössä tämä voitaisiin tulkita siten, että jos tietynikäisellä orilla tiineytetyn tamman todennäköisyys saada varsa olisi vaikka 50 %, ja vuotta vanhemman orin tammalle aiheuttama varsomispaine on 1,1-kertainen, mikä tarkoittaa 2,4 prosenttiyksikköä, vuotta vanhemman oriin tiineyttämän tamman varsomisprosentti olisi 52,4 %. Jos taas lähdetään 80 %:sta, niin vuotta vanhemmalla orilla tiineytetyn tamman varsomisprosentti olisi 1,5 prosenttiyksikköä (tämä vastaa vuotuista 1,1-kertaista varsomispaineen nousua) korkeampi eli 81,5 %. Tutkijat selittävät havaintoa sillä, että nuorilla oreilla siittiöiden määrä ejakulaattia kohden on pienempi (Dowsett ja Knott, 1996) ja nuoret ovat kokemattomampia seksuaalikäyttäytymisessä. Nämä tekijät yhdessä johtaisivat heidän mukaansa huonompaan lisääntymistulokseen. On kuitenkin otettava huomioon, että tutkimuksessa mukana olleet orit olivat varsin nuoria: keski-ikä eri systeemeissä olivat 5,6; 4,3 ja 6,3 vuotta ja vanhin tutkimukseen osallistunut ori oli 17-vuotias. Muissa tutkimuksissa on havaittu, että orin iällä ei ole merkitsevää vaikutusta tiinehtymiseen (McDowell ym., 1992,  $P > 0,05$ ) tai että tiinehtymistulos on paras käytettäessä 5-8 -vuotiaita oreja ja alkaa sen jälkeen hitaasti laskea orin iän noustessa (Langlois ja Blouin, 2004).

van Buiten ym. (1999) keskittyivät tutkimuksessaan nimenomaan orin merkityksen arvioimiseen. Kahdeksantoista lämminveristä ratsuhevosoria, seitsemän friisiläisoria ja yksitoista shetlanninponioria astuivat tutkimusajanjaksolla yli viisitoista tammaa kukin (taulukko 1). Tutkijat havaitsivat, että orikohtaisesti laskettu todennäköisyys elävän varsan syntymälle pystyttiin suhteellisen luotettavasti havaitsemaan jo päivän 28 kohdalla astutuksesta tai siemennyksestä: päivän 28 uusimattomuuden ja elävän varsan syntymän välinen korrelaatio oli 0,86 (1 = 100 % korrelaatio), kun korrelaatio kauden lopussa lasketun uusimattomuusprosentin ja elävän varsan välillä oli 0,95. He havaitsivat myös, että orikohtaiset erot uusimattomuusprosentteissa säilyivät samoina astutuskauden alusta loppuun saakka. Loppupäätelmänään tutkijat esittävät, että uusimattomuusprosenttia päivänä 28 astutuksesta tai siemennyksestä voidaan pitää suhteellisen luotettavana orin hedelmällisyydestä kertovana parametrina. Päätelmään on kuitenkin syytä suhtautua varauksellisesti, sillä se on ristiriidassa esimerkiksi Morrisin ja Allenin (2002) ja Allenin ym. (2007) tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan orikohtaiset erot kiimakohteisissa tiinehtymisprosentteissa häviävät, kun tammoista aiheutuvat sekoittavat muuttujat otetaan huomioon. Näitä muuttujia tai eri-ikäisten tai -tyyppisten tammojen jakautumista eri oreille ei otettu lainkaan huomioon van Buitenin ym. (1999) tutkimuksessa. Tutkijat havaitsivat myös, että orien väliset erot koko lisääntymiskauden varsomisprosentin suhteen olivat suhteellisen pieniä (todennäköisyys elävälle varsalle, mikäli tamma ei palannut uudelleensiemennettäväksi kauden loppuun mennessä, oli 84 % orista riippumatta), mikä tutkijoiden mukaan johtuu loppukauden intensiivisemmästä eläinlääkinnästä tai useammista astutus- tai siemennyskerroista silloin, kun tiinehtymistulokset ovat alkukaudesta huonot. Samansuuntaisia tuloksia varsomisprosentin suhteen saivat Hemberg ym. (2004), Morris ja Allen (2002) ja Allen ym. (2007).

Toisaalta kun van Buiten ym. (2003) käsittelivät oria satunnaismuuttujana, he totesivat orin selittävän eriroduilla 2 % (friisiläinen), 5,9 % (KWPN, Koninklijk Warmbloed Paard Nederland, hollantilainen lämminverinen ratsuhevonen) ja 14,7 % (shetlanninponi) hedelmällisyyden vaihtelusta; nämä ovat ICC eli intraclass correlation coefficient -arvoja. Tutkijat selittävät rotujen eroja sillä, että kaikkien Hollannissa jalostukseen käytettävien KWPN- ja friisiläisorien on valinnassa täytettävä tietyt



kriteerit koskien sperman tiheyttä ja laatua. Shetlanninponien kohdalla tällaisia vaatimuksia ei ole, mikä heidän mukaansa selittäisi kyseisen rodun kohdalla havaitun orin suuremman vaikutuksen uusimattomuusprosenttiin. He esittävätkin, että jalostukseen käytettävien shetlanninponioriiden valinta sperman laadun perusteella parantaisi rodun tiinehtyvyydestä. Heidän mukaansa olisi myös ymmärrettävä paremmin orin hedelmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä, jotta voitaisiin ottaa paremmin huomioon kunkin orin yksilölliset tarpeet ja näin parantaa tammojen tiinehtymistä.

Davies Morel ja Gunnarsson (2000) havaitsivat tutkimuksessaan, että ori selittää 3,8 % hedelmällisyyden vaihtelusta ja ero on tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,001$ ).

Hemberg ym. (2004) tutkivat vain kahden oriin astumia tammoja. Näin ollen orin vaikutus oli heidän tutkimuksessaan suhteellisen helppo ottaa huomioon. He havaitsivat, että orilla oli vaikutusta, joka ei kuitenkaan ollut ihan tilastollisesti merkitsevää ( $P = 0,07$ ), varsomisprosenttiin mutta ei kiimakohlaiseen tiinehtymisprosenttiin. Orilla oli heidän tutkimuksessaan vaikutusta myös siihen, kuinka moneen kiimaan keskimäärin tammaa oli siemennettävä per tiineys tai per elävä varsa (1,6 ja 1,86 kertaa). Kahden orin otanta on pieni, mutta tämän perusteella voitaisiin epäillä, että orilla voisi olla jonkinlaista vaikutusta tiineyden menetyksen todennäköisyyteen. Hemberg ym. (2004) eivät löytäneet eroja orien välillä liittyen diagnosoituihin monitiineyksiin.

Langlois ja Blouin (2004) tutkivat orin iän vaikutusta. He eivät lainkaan huomioineet oriyksilön mahdollista suoraa vaikutusta tamman tiinehtyvyyteen, mikä saattaa aiheuttaa vääristymää lopputuloksiin. Tämä voidaan päätellä Hembergin ym. (2004) tutkimuksesta, jossa tiineyttämisprosentteiksi kahdelle eri orille saatiin 92,9 ja 88,8 % mutta tamman varsomisprosentteiksi elävälle varsalle ainoastaan 82,6 ja 75,2 %. Luvuista huomataan, että samalla orilla astutetut tammat eivät ole toisistaan riippumattomia, koska orikohtaisesti tarkasteltuna erot varsomisprosentteissa ovat selvät, joskaan eivät tilastollisesti merkitsevät ( $P = 0,07$ ). Lisäksi huomataan, että suuri merkitys on sillä, onko tutkimuksessa tavoitteena tamman tiinehtyminen vai elävän varsan syntymä. Orin ikä vaikutti numeeriseen tuottavuuteen Langloisin ja Blouinin (2004) mukaan seuraavalla tavalla: tuottavuus nousi ikävuosina 2–4, saavutti

tasannearvon ikävuosina 5–8 ja laski hitaasti tämän jälkeen, saavuttamatta kuitenkaan nollaa missään vaiheessa.

McDowell ym. (1992) tutkivat sekä orin iän vaikutusta että sen vaikutusta, montako tammaa ori astui kauden aikana (book size). He havaitsivat, että orin iällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta varsomisprosenttiin. Sen sijaan he löysivät tilastollisesti merkitsevän korrelaation orin astumien tammojen lukumäärän ja varsomisprosentin välillä: varsomisprosentti oli korkeampi oreilla, jotka astuivat enemmän tammoja. Tutkijat esittävät, että syynä tälle voisi olla enemmän astuvien orien paremmat lisääntymisolosuhteet. He myös olettavat, että suosituimmille oreille tammojaan vievät omistajat olisivat valveutuneempia esimerkiksi valohoitojen, kiimantarkkailun, aikaisen tiineystarkastuksen ja muiden hyvää lisääntymistulosta suosivien ympäristötekijöiden suhteen. On kuitenkin syytä muistaa, että McDowell ym. (1992) eivät tutkimuksessaan käyttäneet kunnollista monimuuttuja-analyysiä. He eivät esimerkiksi huomioineet eri-ikäisten tammojen suhteellista jakaantumista eri oreille tai eri-ikäisten orien jakaantumista suhteessa orin astumien tammojen lukumäärään. Voi esimerkiksi olla mahdollista, että eniten käytetyt orit eivät välttämättä ole niitä kaikkein vanhimpia. Toisaalta voi olla mahdollista, että vanhempien siitostammojen omistajat suosivat keskimäärin nuorempia oreja, sillä vanhojen tammojen huonompi tiinehtyvyys on yleisesti tiedossa. Tässäkin tutkimuksessa monimuuttujamallin käyttö olisi huomattavasti parantanut näytön tasoa ja näin ollen antanut lisää uskottavuutta syy-seuraussuhteiden pohdinnalle.

Morrisin ja Allenin (2002) tutkimuksessa verrattiin 41 oria, jotka astuivat kukin yli kymmenen tammaa. Tiinehtyvyysprosentit päivänä 15 astutuksesta vaihtelivat orikohtaisesti 37 % ja 90 % välillä. Lokakuun tiineystarkastuksessa kumulatiiviset tiineysprosentit olivat 69–100 %. Kuitenkaan ne orit, jotka saavuttivat korkeimmat kumulatiiviset tiineysprosentit, eivät olleet samoja, joilla oli korkein kiimakohtainen tiinehtyvyysprosentti. Tutkijat havaitsivat, että ne tammat, jotka oli astutettu tietyillä kahdeksalla orilla, menettivät yli 20 % tiineyksistä ensimmäisen tiineystarkastuksen jälkeen. Keskimääräinen ( $\pm$  vaihteluväli) kiimakohtainen tiineydenmenetysprosentti näille kahdeksalle orille oli  $26 \pm 5,1$  %, kun se lopuille 33 orille oli  $6,8 \pm 5,8$  %. Tämä

tukee Allenin ym. (2007) samansuuntaista havaintoa. Molemmissa tutkimuksissa noin 20 %:lla oreista havaittiin kohonnut riski tiineyden keskeytymiseen sen alkuvaiheessa. Tutkijat havaitsivat, että vaikka orien vaikutus kiimakohdaisiin tiinehtymisprosentteihin 15 päivää astutuksen jälkeen vaikutti aluksi tärkeältä, ei se säilynyt enää monimuuttuja-analyysin jälkeen. Tutkijat toteavatkin, että tamman iän ja statuksen vaikutus kiimakohdaiseen tiinehtyvyysprosenttiin on oria merkittävämpi. He huomauttavat, että joidenkin orien alempi hedelmällisyys kompensoitui viimeistään sillä, että näiden orien astumia tammoja astutettiin useamman kerran. Keskimäärin tamma astutettiin 1,12 kertaa kiimaa kohden mutta tammoja, jotka eivät tiinehtyneet ensimmäiseen kiimaan, astutettiin keskimäärin 1,88 kertaa kunnes ne todettiin tiineeksi. Tämä havainto tukee Hembergin ym. (2004) havaintoa siitä, että eri oreilla oli eri määrä astutuksia elävää varsaa kohden. Pohdinnassaan Morris ja Allen huomauttavat, että korkeista kiimakohdaisista tiinehtymisprosentteista huolimatta orilla saattaa olla vaikutusta varhais- ja myöhempiin luomisiin ja että tämä vaatisi tarkempia tutkimuksia. Heidän mukaansa parempi ennustettavuus tamman ja orin yhteensopivuudesta kromosomitasolla saattaisi parantaa täysiveristen hevosten lisääntymistuloksia.

Nagy (2005) esitti hypoteesissaan, että jalostusarvoltaan parhaat ja parhaassa lisääntymisiässä olevat tammat astutettaisiin keskimääräistä useammin jalostusarvoltaan parhailla eli kalleimmilla oreilla. Siksi hän otti analyyseissään orin vaikutusta kuvaavaksi muuttujaksi summan, jonka oriasema keskimäärin laskutti tammanomistajalta. Summa vaihteli tutkimuksessa mukana olleiden 13 oriaseman kesken välillä 12 393 USD - 111 124 USD. Hän otti huomioon myös sen, olivatko ori ja tamma samassa siittolassa, mikä hänen mukaansa mahdollistaisi astutusten optimaalisemman ajoittamisen. Kolmas oriin liittyvä muuttuja hänen tutkimuksessaan oli orin astumien tammojen määrä (book size). Hän ei löytänyt tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota minkään edellä mainitun muuttujan ja tamman tiinehdyttämiseen kuluneen ajan välillä.

Sairanen ym. (2009) jaottelivat orit ikäryhmiin 1–6, 7–9, 10–13, 14–16 ja 17–28 vuotta. He havaitsivat, että varsomisprosentit olivat yleisesti ottaen heikommät käytettäessä vanhempia oreja, etenkin yli 17-vuotiaita ( $P = 0,0000$ ). Eri ikäryhmien eroissa ei

löydetty eroja rotujen välillä. Ikäryhmien haarukointi saattaa kuitenkin vääristää tuloksia. Nuorimpaan ikäryhmään kuuluvat tässä tutkimuksessa sekä huonosti tiinehdyttävät varsin nuoret orit, että ne orit, jotka ovat parhaassa lisääntymisiässään (Langlois ja Blouin, 2004; van Buiten ym., 1998). Sairanen ym. (2009) huomauttavat pohdinnassaan, että myös ilmoituskäytännöt saattavat aiheuttaa vääristymää orikohtaisiin varsomisprosentteihin: koska yksi ori saa astua kauden aikana maksimissaan 150 tammaa, saatetaan tyhjäksi jääneitä tammoja helposti jättää ilmoittamatta tilastoihin. Orikohtaisiin tuloksiin saattoi tutkijoiden mukaan aiheuttaa vääristymää myös se, että analyyseissä huomioitiin jokaiselta tammalta ainoastaan viimeinen kiima, johon se oli astutettu tai siemennetty.

Sharma ym. (2010) tutkimuksessa ei otettu lainkaan huomioon orin vaikutusta lisääntymistulokseen. Tutkijat eivät edes pohdinnan tasolla huomioineet orin mahdollista sekoittavaa vaikutusta.

### ***Astutus- tai siemennystapa***

van Buiten ym. (1998) tutkivat lisääntymistuloksia kolmessa eri systeemissä, joista kahdessa astutus tapahtui luonnollisesti mutta kontrolloidusti (in-hand) ja yhdessä vapaasti laitumella. He havaitsivat, että laitumella astutuilla tammoilla oli 2,8 kertaa suurempi todennäköisyys (chance) saada varsa kuin muilla ( $P < 0,05$ ). Tutkijoiden tulkinnassa on kuitenkin virhe. Luku 2,8 on heidän laskemansa suhteellinen paine (odds ratio), joka ei suoraan ole todennäköisyys. Todennäköisyydeksi muutettuna laitumella astutetuilla tammoilla oli vain 1,58 kertaa suurempi todennäköisyys saada varsa verrattuna ryhmään 1 (kontrolloitu astutus,  $P = 0,02$ ). Varsomisprosentteiksi eri systeemeille saatiin 58 % (kontrolloitu astutus, ori matkusti tamman luo), 48 % (kontrolloitu astutus, tamma matkusti orin luo) ja 80 % (astutus vapaasti laitumella).

van Buiten ym. (1999) eivät tutkineet astutus- tai siemennystavan vaikutuksia lisääntymistulokseen, vaikka aineistossa mukana olleilla tammoilla käytettiin sekä

luonnollista astutusta että keinosiemennystä. Näin ollen astutus- tai siemennystapa saattaa olla sekoittava tekijä, jonka huomioon ottaminen olisi saattanut vaikuttaa lopputuloksiin.

van Buitenin ym. (2003) mukaan pakastespermalla siemennettyjen tammojen tiinehtyvyys oli huonompi kuin tuoreella tai viilennetyllä siirtospermalla siemennettyjen ( $P < 0,000$ ). Kahden viimeksi mainitun välillä ei tutkimuksessa kuitenkaan löytynyt eroa, mikä tutkijoiden mukaan osoittaisi, ettei siemenen kuljettaminen ole sille vahingollista.

Davies Morelin ja Gunnarssonin (2000) tutkimuksessa tammat astutettiin joko kontrolloidusti (in hand) tai vapaana laitumella. Tutkijat havaitsivat, että vapaana astuvilla oreilla oli 11,6 prosenttiyksikköä korkeampi laskennallinen hedelmällisyysaste kuin kontrolloidusti astuneilla. Aineisto tähän vertailuun oli kuitenkin suppea, sillä vain osa kauden ensimmäisistä astutuksista tehtiin kontrolloidusti.

Langloisin ja Blouinin (2004) mukaan keinosiementämällä tamma tuoreella spermalla saatiin paras tulos. Sen sijaan tulos oli suunnilleen sama, jos tamma astutettiin luonnollisesti, keinosiemennettiin viilennetyllä spermalla tai keinosiemennettiin pakastespermalla. Keinosiemennyksen paremmuus luonnolliseen astutukseen nähden selittyy spermankäsittelytekniikoiden, ylläpidollisten seikkojen, kuten paremman kiimantarkkailun sekä suunnittelun avulla, koska keinosiemennystä käytettäessä yhden oriin spermaa joudutaan jakamaan useammalle tammalle. Tutkijoiden mukaan luonnollista astutusta käytettäessä orin hedelmällisyys heikkenee sen joutuessa astumaan mahdollisesti useita tammoja päivässä. Tämä päätelmä on ristiriidassa McDowellin ym. (1992) tutkimustuloksen kanssa, jonka perusteella luonnollisesti astuvista oreista parhaiten tiinehdyttivät ne, jotka astuivat määrällisesti enemmän tammoja.

Sairanen ym. (2009) vertasivat keskenään neljää astutus- tai siemennystapaa: luonnollinen astutus, keinosiemennys tuorespermalla, keinosiemennys viilennetyllä siirtospermalla sekä keinosiemennys pakastespermalla (viimeinen ainoastaan

lämminveristen ravihevosten kohdalla). He havaitsivat, että parhaat tulokset saavutettiin keinosiemennettäessä tamma tuorespermalla ( $P = 0,0000$ ). Kun muita astutus- tai siemennystapoja verrattiin tähän, seuraavaksi paras tulos saavutettiin luonnollisella astutuksella (lämminverisillä 2,3 prosenttiyksikköä ja suomenhevosilla 3,2 prosenttiyksikköä huonompi tulos) ja viilennetyllä siirtospermalla (lämminverisillä 3,7 prosenttiyksikköä ja suomenhevosilla 3,6 prosenttiyksikköä huonompi tulos). Huonoin tulos saavutettiin odotetusti pakastespermalla (lämminverisillä 4,7 prosenttiyksikköä huonompi tulos).

Hemberg ym. (2004) sekä Keiper ja Houpt (1984) käsittelivät tutkimuksissaan ainoastaan luonnollisen astutuksen tuloksia. Hembergin ym. tutkimusraportissa tätä ei suoraan mainita, mutta luonnollisen astutuksen käyttö tutkimuksessa on oletettavaa, sillä englantilaiseksi täysiveriseksi ei rekisteröidä hevosta, joka on saatu aikaan keinosiemennystä käyttäen (The Jockey Club). Samasta syystä voidaan olettaa, että kaikki tammamyynti myös Morrisin ja Allenin (2002), Allenin (2007), Brückin (1993), McDowellin ym. (1992) ja Nagyn (2005) tutkimuksissa lisääntyivät luonnollisen astutuksen kautta. Näissä tutkimuksissa on voitu käyttää sekä kontrolloitua astutusta että vapaana astutusta, mutta näitä ei ole tutkimuksissa eritelty. Myöskään Sharman ym. (2010) tutkimuksessa ei astutuksen tyyppiä erikseen mainita, mutta on oletettavaa, että on käytetty luonnollista astutusta, koska kyseessä olivat englantilaiset täysveriset.

### ***Kiiman järjestysnumero***

Allen ym. (2007) tutkivat varsakiimaan eli ensimmäiseen varsomisen jälkeiseen kiimaan astutuksen vaikutusta lopulliseen lisääntymistulokseen varsoneilla tammoilla. Tutkimuksessa 4,7 % astutetuista kiimoista oli varsakiimoja. Tutkijat eivät havainneet merkitsevää tilastollista eroa kiimakohtaisissa tiinehtymisprosentteissa varsakiimaan astutettujen ja muiden varsoneiden tammojen välillä. He kuitenkin havaitsivat, että varhaisluomisten määrä oli ensimmäisessä ryhmässä merkitsevästi suurempi (11,8 % ja 7,1–7,4 %,  $P < 0,001$ ).

Sillä, monenteenko kiimaan tamma siennettiin, oli erityisen suuri merkitys shetlanninponien tiinehtymiselle van Buitenin ym. (2003) tutkimuksessa: shetlanninponitamat tiinehtyivät selvästi paremmin kauden ensimmäiseen kiimaan kuin myöhempiin. He selittivät eroa sillä, että shetlanninponien tiinehtymisen eteen ei mahdollisesti nähdä niin paljon vaivaa kuin muiden tutkimuksessa mukana olleiden rotujen kohdalla. Näin ollen ne tammammat, jotka eivät helposti tiinehtyneet ensimmäiseen kiimaan, jäivät todennäköisemmin tiinehtymättä myös myöhempiin kiimoihin. Samassa tutkimuksessa havaittiin, että hollantilaisen lämminverisen ratsuhevoson (KWPN) kohdalla tammammat tiinehtyivät huonoiten kauden toiseen kiimaan. Tutkijat eivät pohtineet syytä tälle. Mahdollinen selitys voisi olla se, että ensimmäiseen kiimaan tiinehtymätöntä tammaa yritetään tiinehdyttää vielä toiseen kiimaan samalla tavalla kuin ensimmäiseen ja vasta kolmannella kerralla otetaan käyttöön kehittyneemmät apukeinot kuten hormonihoitot.

Hemberg ym. (2004) tutkivat tammamman ensimmäisen ja toisen kiiman välisiä eroja hedelmöittymisen suhteen erikseen ikäluokittain, tammammatyypeittäin (ensikertalainen, varsonut, tyhjä, abortoinut, levossa) ja astutuskuukausittain löytämättä eroja. He eivät analyyseissään ottaneet kuitenkaan huomioon, oliko tammalla kohtutulehdus ja oliko se lääkitty tai muuten hoidettu, vaikka heillä oli siitä tieto.

Langlois ja Blouin (2004) suosittelevat siementämään tammammat aina ensimmäiseen mahdolliseen kiimaan, jotta yrityksiä saataisiin enemmän ja astutuskaudesta tulisi pidempi. Tutkimuksessaan he havaitsivat, että mitä aiemmin siemennykset aloitetaan, sitä todennäköisemmin tuloksena on elävä varsa. Paras kuukausi aloittaa on heidän mukaansa maaliskuu. Vielä aikaisemmat siemennykset vääristivät tuloksia, koska osa tammoista ei ollut silloin vielä kiimassa. Langlois ja Blouin (2004) suosittelevatkin tammojen valohoitoa kevättalvella, mikä auttaisi synkronoimaan tammojen ensimmäisen kiiman maaliskuulle. He viittaavat lähteenään käyttämäänsä aiempaan tutkimustulokseen (Guillaume ym., 2002) todetessaan, että valohoito kiimojen säätelemiseksi toimii kuitenkin vain hyvin ruokituilla tammoilla. Rasvasolujen tuottamaa leptiiniä pidetään tärkeänä välittäjämolekyylinä talvianestruksen pituuden

määräytymisessä. Hyvin ruokituilla, valohoitoa saavilla tammoilla on lyhyt tai ei ollenkaan talvianestrusta, jolloin astutuskausi pitenee ainakin kahdella kiimalla.

Morrisin ja Allenin (2002) tutkimuksessa tiinehtymisprosentit kiimaa kohden pysyttelivät suhteellisen vakaalla tasolla kesä-heinäkuulle, jolloin ne putosivat jyrkästi. Tutkijoiden mukaan tämä kuvastaa aikaisin kiimakiertonsa aloittaneiden ensikertalaisten sekä varsonneiden tammojen parempaa hedelmällisyyttä. Huonosti loppukaudesta tiinehtyvät tammat olisivat heidän mukaansa niitä potentiaalisesti hedelmättömiä yksilöitä, joilta olisi edelliselläkin kaudella kestänyt kauemmin tiinehtyä. Havainto tukee heidän mukaansa varhaisemmasta samasta aiheesta vuosina 1982-83 tehdystä tutkimuksesta saatuja tuloksia (Sanderson ja Allen, 1987).

Morris ja Allen (2002) tutkivat myös sen vaikutusta tiinehtyvyyteen, astutettiin ko varsonut tamma ensimmäisen kerran varsakiimaan vai vasta myöhempään kiimaan. He havaitsivat, että varsakiimaan astutetuilla tammoilla tiinehtyvyys 15. päivän tiineystarkastuksessa oli hieman heikompi kuin tammoilla, jotka astutettiin ensimmäistä kertaa vähintään 15 päivää varsomisesta olleeseen kiimaan ( $P = 0,03$ ). Lisäksi varsakiimaan astutetuilla tammoilla oli merkitsevästi ( $P < 0,05$ ) enemmän tiineyden menetyksiä päivien 15 ja 35 välillä verrattuna tammoihin, jotka astutettiin ensimmäisen kerran vasta myöhempään kiimoihin. Kuitenkaan näiden kahden ryhmän välillä ei ollut merkitsevää eroa lopullisissa varsomisprosentteissa. Syitä tälle ei tutkimuksessa erikseen pohdittu, mutta luonnollinen selitys voisi olla se, että jos tamma ei tiinehdy varsakiimaan, yrityksiä luonnollisesti jatketaan, kunnes tamma saadaan tiineeksi.

### ***Astutusten tai siemennysten määrä***

Allen ym. (2007) havaitsivat tutkimuksessaan, että ryhmän B (risuestelaukkahevokset) tammoja astutettiin keskimäärin useamman kerran kiimaa kohden kuin ryhmän A (tasaisella kilpailevat laukkahevokset) tammoja ja että ero oli tilastollisesti merkitsevä, kun tammojen ikä- tai statusryhmiä ei otettu huomioon (1,4 ja 1,1 kertaa,  $P < 0,001$ ).



Yli 18-vuotiaiden tammojen ryhmässä eroja ei ollut ryhmien A ja B välillä. Myös astutusten määrä päivän 15 tiineyttä kohden oli korkeampi ryhmässä B (2,2; ryhmä A 1,7), lukuunottamatta yli 18-vuotiaiden ja tyhjien tammojen ryhmiä, joiden suhteen eroja ei löydetty A- ja B -ryhmien välillä. Sekä A- että B -ryhmässä astutusten määrä varhaista tiineyttä kohden kasvoi tammojen vanhetessa (3–8 -vuotiaat 1,6–2,1 kertaa; 14–18 -vuotiaat 1,9–2,3 kertaa). Kaiken kaikkiaan tutkijat havaitsivat, että kiimakohthaisten astutusten määrä korreloi merkitsevästi varhaisten tiineyksien esiintyvyyden kanssa: useampi astutus/kiima ennakoii parempaa tiinehtyvyyttä ( $P < 0,001$ ). Sen sijaan kiimakohtaisilla astutusten määrällä ei havaittu olevan vaikutusta kaksoistiineyksien tai tiineydenmenetysten esiintyvyyksiin.

Brück ym. (1993) havaitsivat tutkimuksessaan, että tammat astutettiin keskimäärin 1,83 kiimaan tiinehtymistä kohden ja 2,32 kiimaan elävää varsaa kohden. He havaitsivat myös, että keskimääräinen astutusten määrä kiimaa kohden kasvoi, kun tammat vanhenivat. Lisäksi he havaitsivat, että vain yhteen kiimaan astutetuilla tammoilla oli korkein varsomisprosentti (77,8 %) ja varsomisprosentti aleni astutettujen kiimojen määrän lisääntyessä siten, että kolmeen kiimaan astutettujen tammojen varsomisprosentti oli vain 42,9 %. Syytä tälle Brück ym. (1993) eivät pohtineet mutta oletettavaa on, että ainakin osa ensimmäiseen kiimaan tiinehtymättömistä tammoista on ns. ongelmatammoja, joita ei välttämättä saada tiineeksi ollenkaan.

van Buiten ym. (1998) tutkimuksessa systeemissä 1 kutakin tammaa astutettiin maksimissaan kaksi kertaa viikossa (ori vieraili tammojen luona). Systeemissä 2 astutuksia oli keskimäärin kolme kertaa kiimaa kohden (tammat vierailivat orin luona). Kuitenkin tutkijat havaitsivat, että useampi astutuskertojen määrä kiimaa kohden systeemissä 2 ei johtanut korkeampaan varsomisprosenttiin. Tämä on ristiriidassa esimerkiksi Allenin (2007) tulosten kanssa.

van Buiten ym. (2003) havaitsivat tutkimuksessaan, että friisiläisten hevosten kohdalla kiimakohtaisella astutusten tai siemennysten määrällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus uusimattomuusprosenttiin päivänä 28: mikäli tamma astutettiin tai siemennettiin vain kerran kiimaa kohden, sillä oli suurempi paine palata uudelleensiemennettäväksi kuin jos se olisi astutettu tai siemennetty kolme kertaa tai

enemmän ( $P = 0,05$ , koska  $OR = 0,68$  ja sen 95 %:n luottamusvälit 0,46 ja 1,00). Shetlanninponien kohdalla tulos oli päinvastainen. Yksi tai kaksi astutusta tai siemennystä (77 % ja 71 %) johti korkeampaan uusimattomuusprosenttiin kuin kolme tai enemmän (64 %). Tutkijat epäilevät, että friisiläisten hevosten tulos johtuu vaikeudesta määritellä optimaalista astutus- tai siemennyshetkeä, koska friisiläisten kiimakierto on keskimäärin pidempi kuin tutkimuksen kahdella muulla rodulla (van Buiten ym., 1999). Shetlanninponeilla puolestaan ori vierailee tammojen luona, jolloin on hyvin harvinaista, että yksittäistä tammaa astutettaisiin enempää kuin kaksi kertaa viikossa.

Davies Morel ja Gunnarsson (2000) havaitsivat, että kontrolloidusti astutettuja tammoja astutettiin keskimäärin 2,1 kertaa kiimaa kohden. Astutusten määrä ei kuitenkaan korreloinut laskennallisen hedelmällisyysasteen kanssa.

Hemberg ym. (2004) havaitsi tutkimuksessaan, että astutettuja kiimoja oli keskimäärin 1,6 tiinehtymistä kohti ja 1,86 elävää varsaa kohti. Nämä luvut ovat pienemmät kuin Morrisin ja Allenin (2002) (1,88 astutusta per tiineys) ja Brückin (1993) (2,32 astutusta per elävä varsa) tulokset. Hemberg ym. (2004) selittävät tätä orien vaikutuksella: heidän tutkimuksessaan myös orikohtaiset varsomisprosentit olivat varsin korkeat, vaikka merkitseviä orikohtaisia eroja astutusten määrässä elävää varsaa kohti ei havaittu. Tutkijat havaitsivat lisäksi, että varsoneilla ja levossa olevilla tammoilla vaadittiin keskimäärin vähiten astutuksia elävää varsaa kohti: 1,76 ja 1,33. Abortoineilla sitä vastoin astutuksia vaadittiin eniten (2,6).

Morris ja Allen (2002) saivat tutkimuksessaan keskimääräiseksi astutusten määräksi kiimaa kohden 1,12 ja päivän 15 tiineyttä kohden 1,88. Tamman iällä tai statuksella ei ollut vaikutusta kiimakohlaiseen astutusten määrään, mutta vanhimman ryhmän (14–18 -vuotiaat) kohdalla tarvittiin enemmän astutuksia tiineyttä kohden kuin nuoremmissa ryhmissä ( $P < 0,001$ ).

Nagyn (2005) tutkimuksessa 61,8 % tammoista astutettiin vain yhteen kiimaan, 25,5 % kahteen, 7,8 % kolmeen, 2,8 % neljään, 1,5 % viiteen ja 0,2 % kuuteen kiimaan.

Odotetusti astutettujen kiimojen määrä korreloi negatiivisesti keskimääräisen tiinehtymiseen vaaditun ajan kanssa. Tuloksista havaitaan myös, että toiseen kiimaan astutus pidensi aikaa 24 päivällä ja kolmas astutus 28 päivällä. Tästä voidaan tutkijan mukaan päätellä, että uudelleen astutuksen syynä voivat olla todelliset, lääketieteellisesti korjattavissa olevat ongelmat tai varhaisluomiset, koska jos tamma yksinkertaisesti astutettaisiin seuraavaan kiimaan ilman mitään ongelmia, tulisi tiinehdyttämiseen kuluvan ajan pidentyä joka astutuskerralla keskimäärin 21 päivää, mikä on hevosen normaali kiimakierron pituus.

Sharma ym. (2010) havaitsivat tutkimuksessaan, että kiimakohtainen varsomisprosentti ei riippunut siitä, astutettiinkö tamma 1–2 kiimaan vai kolmeen tai useampaan kiimaan kauden aikana. Tämä on ristiriidassa Brückin ym. (1993) tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan tiinehtymisprosentti oli pienempi tammoilla, jotka jouduttiin astuttamaan kahteen tai useampaan kiimaan. Sharma ym. (2010) eivät myöskään havainneet kiimakohtaisten astutusmäärien vaikuttavan lopulliseen varsomisprosenttiin tai tiineydenmenetysprosentteihin.

On huomioitava, että lähes kaikissa tutkimuksissa, joissa on tutkittu kiimakohtaisen astutusten tai siemennysten määrän vaikutusta lisääntymistulokselle, on sekoittavia tekijöitä, joita ei ole otettu analyysissä huomioon. Tutkimuksissa ei ole raportoitu esimerkiksi sitä, kuinka suuria siemennysannoksia on käytetty eikä pohdittu, mikä olisi käytetyn siittiömäärän vaikutus. Tutkimuksissa ei myöskään ole raportoitu mahdollisesta astutuksen tai siemennyksen ja ovulaation välisen ajan vaikutuksesta: mikäli siemennyshetki on kovin paljon ennen ovulaatiota tai ovulaation jälkeen, on tiinehtyminen luonnollisesti heikompaa ja vaaditaan useampia astutuksia tai siemennyksiä kiimaa kohden. Ainoastaan van Buiten ym. (2003) huomioivat tämän todetessaan, että friisiläisten kohdalla optimaalisen astutus- tai siemennysajankohdan arvioiminen on vaikeampaa kuin muilla roduilla.

## *Astutusvuosi*

Keiper ja Houpt (1984) löysivät villinä elävien ponien tutkimuksessaan eroja varsomisprosentteissa eri vuosien välillä. Pohdinnassaan he mainitsevat mahdollisiksi syiksi erot tammojen tiinehtymisprosentteissa, tiineydenmenetysprosentteissa tai ikäjakaumassa tai sisäsiittoisuuden negatiivisen vaikutuksen. He viittaavat aikaisempaan tutkimustulokseen mainitessaan, että edellisenä vuonna tiinehtyneet tammat eivät välttämättä tiinehty varsomisvuonna maidontuotannon aikaansaaman kiimattomuuden takia (niin sanottu laktaatioanestrus). He eivät ole kuitenkaan tutkimuksessaan analysoineet mitään näistä mahdollisista vuosittaisen varsomisprosentin vaihtelua selittävistä syistä.

Langlois ja Blouin (2003) tutkivat onnistuneiden varsomisten osuuden kehitystä tutkimusvuosien 1989–1999 aikana. He näkivät, että peräkkäisten vuosien välistä eroa (kylmäveristen) onnistuneiden varsomisten osuudessa kuvasi suhteellisen paineen (odds ratio) arvo 1,042. He tulkitsivat, että kylmäveristen hevosten varsantuottokyky ("*numerical productivity*"; syntyneitä varsoja astutettua tammaa kohti) kasvoi tuona ajanjaksona keskimäärin 4 % vuodessa; tarkka arvo on 4,2 % ja se saadaan laskusta  $100 \times (1,042 - 1,000)$ . Se kuitenkin tarkoittaa, että varsomispaine (odds) kasvoi 4,2 % vuodessa. Jos suhteellisen varsomispaineen 1,042 avulla lasketaan muutos osuuksissa, saadaan vuosittaiseksi varsantuottokyvyn nousuksi yksi prosentti.<sup>2</sup> Joka tapauksessa hevosten varsantuottokyky on pidemmällä aikavälillä Ranskassa kasvanut, kun taas suomalaisessa aineistossa se on molemmilla Suomessa tutkituilla roduilla (suomenhevonen ja lämminverinen ravihevonen) laskenut (Virtala ym., 2009).

McDowellin ym. (1992) tutkimusajanjakso kattoi kaksi vuotta. Tutkijat eivät havainneet tutkittujen muuttujien ja vuoden välistä korrelaatiota.

---

<sup>2</sup> Oikea laskutapa on selitetty seuraavassa käsikirjoituksessa: Hannu Rita ja Anna-Maija Virtala: "Altistuminen veren alhaiselle IgG-tasolle kaksinkertaistaa vasikoiden keuhkokuumeepaineen." - Termien *odds* ja *odds ratio* tulkinnasta ja suomentamisesta. Käsikirjoitus (Virtala, henkilökohtainen tiedonanto).

Morris ja Allen (2002) vertasivat tutkimustuloksiaan samasta aiheesta samalla alueella 15 vuotta aiemmin tehtyyn tutkimukseen (Sanderson ja Allen, 1987). He löysivät selviä eroja täysiveristen hevosten lisääntymistuloksessa näiden kahden tutkimuksen välillä. Esimerkiksi varsomisprosentit uudemmassa ja vanhemmassa tutkimuksessa olivat 82,7 % ja 77,7 %. Toisaalta uudemmassa tutkimuksessa tiineydenmenetysprosentti koko aineistossa oli 17 % verrattuna vanhemman tutkimuksen 12 %:iin. Tätä eroa Morris ja Allen selittävät tiineydetunnistusmenetelmien parantumisella. Tiineydet pystytään diagnosoimaan aiemmin, jolloin myös varhaisluomisten suhteellinen osuus kasvaa. Samasta syystä monitiineyksiä havaittiin uudemmassa tutkimuksessa enemmän. Parempi varsomisprosentti selittyy heidän mukaansa ympäristön ja olosuhteiden parantumisella: tyhjäksi jääneiden ongelmatammojen osuus siitostammoista on pienempi, kohtuhoidot ja niiden käyttö on kehittynyt ja kehittyneempi ultraäänidiagnostiikka mahdollistaa monitiineyksien aikaisemman diagnosoinnin ja näin ollen varhaisemman asiaan puuttumisen. Tutkijat toteavat, että aikaisemmin ongelmat tiinehtyvyydessä olivat tärkein yksittäinen englantilaisten täysiverihevosten lisääntymistulokseen vaikuttava tekijä. Tänä päivänä tärkein tekijä heidän mukaansa on tiineydenmenetysten korkea esiintyvyys päivien 15 ja 35 välillä astutuksesta.

Sharman ym. (2010) tutkimusajanjakso kattoi seitsemän vuotta mutta he eivät havainneet suurta vaihtelua vuosittaisessa lisääntymistuloksessa.

### ***Astutuskuukausi***

Osassa tutkimuksia tutkittiin astutus- tai siemennyskuukauden vaikutusta tammojen tiinehtymiselle. van Buiten ym. (2003) havaitsivat tutkimuksessaan, että friisiläisrotuisilla hevosilla ennen toukokuun alkua astutettujen tammojen todennäköisyys palata astutettavaksi 28 päivän sisällä oli suurempi kuin heinäkuun alun jälkeen astutettujen. Sama suuntaus havaittiin shetlanninponien kohdalla. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan otettu huomioon sitä, että jos tamman astutukset aloitetaan astutuskauden alussa, se tuodaan todennäköisesti uudelleen astutettavaksi, mikäli se ei

tiinehdy ensimmäiseen tai toiseen kiimaan. Niistä tammoista, jotka eivät tiinehdy heinäkuun alun jälkeenkään, jätetään suuri osa joka tapauksessa astuttamatta uudelleen mahdollisen varsan liian myöhäisen syntymisajankohdan takia. Tämä käytäntö on yleinen ainakin Suomessa.

Davies Morelin ja Gunnarssonin (2000) tutkimuksessa tarkkoja astutuskuukausia ei pystytty määrittämään, vaan astutuskausi koostui kolmesta astutusjaksosta, joista aikaisin alkoi 22.4. ja myöhäisin loppui 10.10. Tälle välille sijoittuivat kunkin orin kolme astutusjaksoa. Tutkijat eivät löytäneet korrelaatiota astutusjakson ja hedelmällisyysasteen välillä. Myöskään tammamäärällä per astutusjakso tai astutusjakson pituudella ei ollut tutkimuksessa vaikutusta hedelmällisyysasteeseen.

Hembergin ym. (2004) tutkimuksessa ei löydetty korrelaatiota astutuskuukauden ja tiinehtymisprosentin välillä.

Keiperin ja Houptin (1984) tutkimuksessa 13 % varsoista syntyi huhtikuussa, 52 % toukokuussa, 22,6 % kesäkuussa, 10,4 % heinäkuussa ja alle 1 % elo- ja syyskuussa. Varsojen syntymäkuukausista voidaan päätellä tammojen tiinehtymiskuukaudet, jolloin 74,6 % tammoista olisi tiinehtynyt touko- ja kesäkuun aikana. Tämä voitaneen selittää villinä elävien tammojen luonnollisella kiimakierrolla ja lisääntymiskäyttäytymisellä sekä olosuhteiden yhdenmukaisuudella. Todennäköisesti lisääntymiskykyiset tammat tulevat ensimmäiseen kiimaan suunnilleen samaan aikaan ja myös tiinehtyvät niin pian kuin mahdollista. Varsomisajankohtien jakautumisen selittävät mahdollisesti yksilökohtaiset erot tammojen fysiologiassa ja lauman hierarkiassa.

Langlois ja Blouin (2004) tutkivat ainoastaan ensimmäisen astutus- tai siemennyskuukauden vaikutusta numeeriseen tuottavuuteen (varsojen määrä per siitokseen käytetty tamma per vuosi). He havaitsivat, että ensimmäisen kerran maaliskuussa astutetut tai siemennetyt tammat saavuttivat parhaan varsomisprosentin seuraavana vuonna. Tulos oli heidän hypoteesinsa mukainen, sillä aikainen aloitus mahdollistaa useampien yrityskertojen määrän astutuskauden aikana. Lisäksi he kuitenkin totesivat, että vielä tätäkin aikaisempi aloitus (tammi-helmikuu) ei edelleen

paranna varsomistulosta. Syynä on heidän mukaansa se, että usean tamman kohdalla kiimakierto ei ole näin aikaisin vielä käynnistynyt. Heidän aineistossaan syksyllä tapahtuneet astutukset tai siemennykset olivat suhteellisen harvinaisia ja johtivat heidän mukaansa heikkoihin lisääntymistuloksiin.

Morris ja Allen (2002) eivät tutkimuksessaan havainneet astutuskuukauden vaikuttavan kiimakohtaisiin tiinehtymisprosentteihin kuukausitasolla tai siihen, jouduttiinko tammalle antamaan kohtuhoitoja ennen tai jälkeen siemennyksen. He kuitenkin havaitsivat, että kiimakohtainen tiinehtymisprosentti oli korkeampi ( $P = 0,027$ ) toukokuussa astutetuille tammoille verrattuna kesä- tai heinäkuussa astutettuihin yhteensä. Tiinehtymisprosentit kiimaa kohden olivat näissä kategorioissa 62,7 ja 52,6 %.

Sairanen ym. (2009) sisällyttivät viimeisen astutuksen kuukauden analyysiinsä, koska heidän mukaansa on yleisempää, että viimeisen astutuksen kuukausi merkitään tilastoihin verrattuna ensimmäisen astutuksen kuukauteen. He eivät kuitenkaan tutkimuksessaan raportoineet astutuskuukauden vaikutusta varsomisprosenttiin.

Sharman ym. (2010) tutkimuksessa ei löydetty astutuskuukauden ja varsomisprosentin välistä korrelaatiota. Astutuskuukaudella ei heidän tutkimuksessaan ollut vaikutusta myöskään tiinehtymisprosentteihin päivänä 16 eikä tiineydenmenetysprosentteihin. Näin ollen tutkijoiden hypoteesia tiinehtyvyyden heikkenemisestä kuumien kesäkuukausien aikana ei voitu osoittaa oikeaksi. Heidän tutkimuksessaan havaitut kiimakohtaiset tiinehtymisprosentit päivänä 16 (50,3 %) olivat kuitenkin läpi koko kauden matalammat verrattuna muissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin (54–65 %, Brück ym., 1993; Morris ja Allen, 2002; Hemberg ym., 2004; Allen ym., 2007). Myös varsomisprosentit ovat tässä tutkimuksessa keskimäärin muita matalammat. Tutkijat selittävät eroa olosuhde-eroilla ja eroilla ultraäänidiagnostiikan käytössä.

## *Sukusiitosaste*

Suku- tai sisäsiitosasteen vaikutus hevosten lisääntymiseen otettiin huomioon kolmessa tutkimuksessa. Keiper ja Houpt (1984) tutkivat lähisukulaisuuden vaikutusta varsomisprosenttiin. He vertasivat tammojen synnyttämien varsojen määrää kahdeksan vuoden ajanjaksolla siihen, mitä sukua varsojen isä oli tammalle itselleen. Tutkimusajanjaksolla 28 syntyneestä tammasta 20 lähti eri laumaan ja kahdeksan jäi isänsä laumaan. Näillä kahdeksalla varsomisprosentti oli 22,7 %. Eri laumaan lähteneistä yhdeksän oli velipuolensa laumassa. Näillä tammoilla varsomisprosentti oli 36,8 %. 11 tammaa eli erisukuisen orin laumassa ja niiden varsomisprosentti nousi 61,8 %:iin. Lähisukulaisuudella vaikuttaisi siis olevan yhteys varsomisprosenttiin. Otannat ovat kuitenkin pienet ja mahdollisia sekoittavia tekijöitä on useita. Esimerkiksi kahdeksasta isänsä laumaan jääneestä tammasta vain kaksi varsoi ja neljä viidestä varsasta syntyi yhdelle ainoalle tammalle. Näin ollen lauman hierarkia voi tässä tutkimuksessa olla sisäsiittoisuutta suurempi tekijä varsomisprosenttien määräytymisessä.

Langlois ja Blouin (2004) ottivat tutkimustuloksissaan huomioon isälle, emälle ja varsalle määritetyt sukusiitosasteet. Tosin he huomauttavat, että sisäsiittoisuusasteiden välillä oli hyvin vähän vaihtelua, sillä hevosjalostuksessa pyritään välttämään sisäsiitosta. Heidän mukaansa sisäsiittoisuusasteen 1 %:n nousu laski tuottavuutta 0,5–1 %, kun sisäsiittoisuusastetta katsottiin tammassa ja varsassa. Tässäkin he ovat laskeneet väärin; oikealla tavalla laskettuna<sup>3</sup> 1 %:n sisäsiittoisuusasteen nousu laskisi tuottavuutta vain 0,3–0,4 %. Kylmäverisillä ja ratsuroduilla tulokset olivat yllättäen päinvastaisia tarkasteltaessa isän sisäsiittoisuusastetta. Tämä sisäsiittoisuuden positiivinen vaikutus jälkeläistuottavuuteen johtui Langloisin ja Blouinin (2004) mukaan siitä, että sisäsiittoisten orien lisääntyminen hoidettiin paremmin. Kuitenkin he huomasivat myös, että mitä homotsygoottisempi isä oli, sitä heterotsygoottisempi oli jälkeläinen.

---

<sup>3</sup> Oikea laskutapa on selitetty seuraavassa käsikirjoituksessa: Hannu Rita ja Anna-Maija Virtala: "Altistuminen veren alhaiselle IgG-tasolle kaksinkertaistaa vasikoiden keuhkokuumeepaineen." - Termien *odds* ja *odds ratio* tulkinnasta ja suomentamisesta. Käsikirjoitus (Virtala, henkilökohtainen tiedonanto).



Sairanen ym. (2009) käsittelivät tutkimuksessaan laajalti sukusiitosasteen vaikutusta varsomisprosenttiin. Ensinnäkin lämminveristen ravihevosten sukusiitosaste varsalle havaittiin tutkimuksessa korkeammaksi kuin suomenhevosten (9,9 % ja 3,6 %). Vain 0,6 % suomenhevosten astutuksista tutkimusajanjaksolla johti varsalla yli 10 % sukusiitosasteeseen, kun sama lukema lämminveristen kohdalla oli jopa 51 %. Lämminverisillä käytettiin enemmän linjalostusta. Tutkijat havaitsivat, että varsomisprosentit laskivat sukusiitosasteen noustessa ( $P = 0,028$  suomenhevosilla,  $P = 0,019$  lämminverisillä ravihevosilla). Lämminverisillä ravihevosilla varsomisprosentit olivat merkitsevästi huonommat ( $P = 0,0191$ ), kun varsan sukusiitosaste oli yli 15 %. Suomenhevosten kohdalla varsomisprosentit alkoivat huonontua jo sukusiitosasteen ollessa 7,5–10 % ( $P = 0,0282$ ). Näiden raja-arvojen suhde rotujen keskimääräisiin sukusiitosasteisiin oli molemmilla roduilla samaa suuruusluokkaa. Toisaalta tutkijat havaitsivat, että molempien rotujen kohdalla kaikkein sukusiitetyimmissä astutuksissa (sukusiitosaste yli 22,5 % lämminverisillä ja yli 10 % suomenhevosilla) varsomisprosentit olivatkin yllättäen keskimääräistä korkeammat. Syitä tälle ei pohdittu. Langlois ja Blouin (2004) tekivät omassa tutkimuksessaan samansuuntaisen havainnon: heidän mukaansa kylmäveristen hevosten kohdalla isän korkea sisäsiittoisuusaste paransi lisääntymistulosta.

## ***Ympäristötekijät***

### **Lämpötilan vaikutus**

Kahdessa tähän työhön valitussa tutkimuksessa oli pyritty tutkimaan lämpötilan vaikutusta: toisessa tutkimuksessa (Guerin ja Wang, 1994) ensimmäisen ovulaation ajankohtaan keväällä ja toisessa varsomisprosenttiin (Keiper ja Houpt, 1984). Osaltaan myös astutuskuukauden vaikutus saattaa kuvata lämpötilan vaikutusta, mutta jos selittävänä muuttujana tutkimuksessa on mainittu nimenomaan astutuskuukausi eikä lämpötila, on tulokset käsitelty astutuskuukauden kohdalla (esimerkiksi Sharma ym.,

2010). Mainittakoon, että lämpötilan vaikutusta on erittäin vaikea tutkia epidemiologisilla havaintotutkimuksilla; kliiniset kokeet olisivat parempia.

Guerin ja Wang (1994) keskittyivät tutkimuksessaan ympäristön lämpötilan vaikutuksiin ensimmäisen ovulaation tapahtumiselle. He havaitsivat tilastollisesti merkitsevää vuosittaista vaihtelua ensimmäisen ovulaation ajankohdassa: vuonna 1988 ensimmäinen ovulaatio tapahtui keskimäärin aikaisemmin kuin minään muuna vuonna ( $P < 0,01$ ) ja vuosina 1985 ja 1992 myöhemmin kuin muina vuosina ( $P < 0,01$ ). Vuosien 1988 ja 1992 välinen ero päivissä oli 20 päivää. He havaitsivat lisäksi selvää vuosittaista vaihtelua myös tarkastelun kohteena olleen viiden viikon ajanjakson maksimi- ja minimilämpötiloissa. Nämä erot korreloivat ensimmäisen ovulaation ajankohdan erojen kanssa: heidän analyyseissään paljastui tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio ( $P < 0,01$ ) viikoittaisen minimilämpötilan ja ensimmäisen ovulaation ajankohdan kanssa, mutta he eivät todenneet merkitsevää korrelaatiota viikoittaisen maksimilämpötilan ja ensimmäisen ovulaation ajankohdan kanssa. Tutkijat laskivat, että heidän tulostensa perusteella teoreettinen yhden asteen nousu keskimääräisessä minimilämpötilassa aikaistaisi ensimmäisen ovulaation ajankohtaa yhdeksällä päivällä. Lisäksi heidän tutkimustulostensa perusteella vaikuttaa siltä, että ovulaatioajankohta ei riipu kahden ovulaatiota edeltävän viikon lämpötiloista vaan näitä aikaisempien viikkojen lämpötiloista ( $P < 0,01$ ). He päätyvätkin lopputulokseen, että valon määrän lisäksi, jonka Malinowski ym. (1985) totesivat kolmen vuoden ajan kestäneen kliinisen kokeen aikana, myös ympäristön lämpötilalla on todellinen vaikutus kiimakiertojen käynnistymiseen keväällä ja sen huomioon ottaminen mahdollistaisi yhä parempien lisääntymistulosten tavoittelun.

Keiperin ja Houptin (1984) tarkoituksena oli tutkia ympäristön keskilämpötilan vaikutusta lisääntymistulokseen. He eivät havainneet yhteyttä vuoden keskilämpötilan ja varsomisprosentin välillä. Sen sijaan he kertoivat löytäneensä tilastollisesti merkitsevän korrelaation ( $P < 0,05$ ) maaliskuun keskilämpötilan ja varsomisprosentin välillä. Tätä tulosta ei kuitenkaan löydy heidän taulukoistaan eikä mistään ilmene, ovatko he verranneet edellisen vuoden maaliskuun keskilämpötilaa seuraavan vuoden varsomisprosenttiin (jolloin syy-yhteys voisi löytyä myöhemmin alkavasta

kiimakierrosta ja/tai heikommasta tiinehtyvyydestä, kun ympäristön keskilämpötila on matala) vai saman vuoden maaliskuun keskilämpötilaa ja varsomisprosenttia keskenään. Heidän tutkimuksestaan ei myöskään käynyt ilmi, mitkä olivat saaren etelä- ja pohjoisosan keskilämpötilojen erot ja olivatko ne tilastollisesti merkitseviä eikä edes sitä, mistä lämpötilatiedot oli saatu. Joka tapauksessa he epäilevät tilastollisen yhteyden syyksi maalisi- ja huhtikuussa tapahtuvien myöhäisten luomisten ja kuolleena syntyneiden varsojen korkeaa määrää. Oletettavasti tämä johtuisi keskimääräistä matalammista alkukevään lämpötiloista varsomisvuonna, mitä he eivät kuitenkaan tutkimuksessaan maininneet. Heidän mukaansa havaintoa tukee se, että saaren eteläosassa syntyi enemmän eläviä varsoja huhti- ja toukokuussa kuin saaren pohjoisosassa. Tutkijoiden raportointi on puutteellista, mikä estää käytettyjen menetelmien toistamisen ja kyseenalaistaa tutkimustulokset ainakin lämpötilan vaikutuksesta.

Kahden edellä mainitun tutkimuksen lisäksi lämpötilan vaikutusta varsomisprosenttiin ovat tutkineet Katila ym. (2010) Suomessa suomenhevosilla ja lämminverisillä ravihevosilla käyttäen samaa hevosaineistoa kuin Sairanen ym. (2009). Säättutkimuksesta on tämän lisensiaattityön kirjoitushetkellä julkaistu vasta abstrakti. Katila ym. (2010) havaitsivat tutkimuksessaan, että varsomisprosentit paranivat ( $P < 0,001$ ), kun päivänvalon määrä lisääntyi mutta heikkenivät jälleen, kun päivän keskilämpötila kohosi ( $P < 0,001$ ). Tutkijat selittävät ilmiötä sillä, että loppukesän lämpimämpien kuukausien aikaan jäljellä on enemmän huonosti tiinehtyviä tammoja kuin alkukesästä. Jos ilmiön takana olisi joku biologinen syy, se voisi tutkijoiden mukaan olla ympäristön lämpötilan kohoamisen aiheuttama suurempi varhaisluomisten esiintyvyys. Loppupäätelmänään tutkijat kuitenkin toteavat, ettei säällä vaikuta olevan suurta merkitystä lisääntymistulokselle suomalaisissa olosuhteissa vaan suurempi merkitys on esimerkiksi tamman iällä ja rodulla (suomenhevosten lisääntymistulos oli tässäkin tutkimuksessa lämminverisiä ravihevosiä heikompi).

## Muiden olosuhteiden vaikutus

Allen ym. (2007) toteavat, että heidän tutkimuksessaan oriasemalla tai eläinlääkärillä ei ollut vaikutusta kiimakohlaiseen tiinehtymisprosenttiin päivänä 15 astutuksesta siitäkin huolimatta, että eri oriasemilla on erilaiset olosuhteet ja käytännöt ja eri eläinlääkärit käyttävät hormoni- ja kohtuhoitoja eri tavalla.

Brück ym. (1993) eivät analyyseissään ottaneet huomioon eri oriasemien erilaisten käytäntöjen vaikutusta, sillä ne olisivat heidän mukaansa olleet täysin sekoittavia (completely confounded), mikä ei kuitenkaan oikeuttaisi niiden jättämistä pois. Pohdinnassaan he kuitenkin huomauttavat, että sekä orilla että ympäristötekijöillä on vaikutusta tiinehtymisprosenttiin. Tämä päätelmä ei kuitenkaan perustu heidän tutkimustuloksiinsa, vaikka kuulostaakin järkeenkäyvältä. Ristiriidassa heidän pohdintansa kanssa ovat Morrisin ja Allenin (2002) sekä Allenin ym. (2007) tutkimustulokset, joiden mukaan esimerkiksi siittolalla tai eläinlääkärillä ei olisi vaikutusta tiinehtymisprosenttiin.

van Buiten ym. (1998) toteavat, että olosuhdetekijöillä on suuri vaikutus lisääntymistulokselle, koska tulokset heidän tutkimuksensa eri astutussysteemeillä olivat erilaiset. Lisäksi heidän mukaansa shetlanninponien kohdalla parempia lisääntymistuloksia voitaisiin saavuttaa kiimantarkkailua parantamalla ja astutuskertojen määrää alentamalla, koska tällöin ns. turhien astutusten määrä vähenisi ja orien sperman laatu säilyisi paremmin riittävällä tasolla.

van Buiten ym. (1999) löysivät tutkimuksessaan orikohtaisia eroja uusimattomuusprosentissa. He esittävät pohdinnassaan, että uusimattomuusprosenttia päivänä 28 astutuksesta voitaisiin käyttää astutuskauden aikana mittaamaan siitostoiminnan hallintaa siittolakohtaisesti tai jopa samankaltaisissa siittoloissa: mikäli tulokset ovat alkukaudesta huonot, toimintatapoja voitaisiin muuttaa, jotta tulokset paranisivat loppukautta kohden. Näin he antavat ymmärtää, että ainakin osa orien

välisistä eroista voisi selittyä ympäristötekijöillä eikä niinkään geneettisellä hedelmällisyyden vaihtelulla. Tämä voi olla varsin osuva päätelmä, vaikka heidän analyysissään ei huomioitu aineiston hierarkiaa, joka olisi paljastanut, mikä osuus eroista voisi selittyä muun muassa siittolalla.

van Buitenin ym. (1999) päätelmää tukien van Buiten ym. (2003) löysivät tutkimuksessaan tilastollisesti merkitseviä eroja ( $P < 0,05$ ) 28 päivän uusimattomuusprosentteissa eri siittoloiden välillä vaikka he olivat tarkoituksellisesti valinneet tutkimukseensa vain sellaisia suurempia kaupallisia siittoloita, joissa astutettiin  $\geq 30$  tammaa vuodessa ja joiden oriit astuivat  $\geq 15$  tammaa vuodessa. Lämminveristen ratsuhevosten kohdalla prosentit vaihtelivat siittolasta riippuen 61–82 % ja shetlanninponeilla 62–78 %. He selittivät erot siittoloiden toisistaan poikkeavilla ympäristöolosuhteilla sekä siittoloiden koolla. Suuremmissa siittoloissa toiminta on heidän mukaansa pienempiä asiallisempaa ja ammattimaisempaa, koska suurissa siittoloissa astuvat kalliimmat orit.

Keiper ja Houpt (1984) vertasivat tutkimuksessaan kahta hieman erilaisissa oloissa elävää villiponipopulaatiota keskenään. Saaren pohjoispuolella (Assateague Island National Seashore) elävän populaation keskimääräinen varsomisprosentti tutkimusajanjaksolla oli 57,1 %. Saaren eteläpuolella (Chinocoteague National Wildlife Refuge) elävän populaation varsomisprosentti oli korkeampi, keskimäärin 74,4 %. Tutkijat esittävät varsomisprosenttien eron syyksi ryhmien erilaisia olosuhteita. Saaren eteläosan ponit muun muassa rokotettiin jäykkäkouristusta ja aivokalvontulehdusta vastaan. Tärkeämpi tekijä tutkijoiden mukaan kuitenkin oli se, että saaren eteläosan ponien varsat vierotettiin ja myytiin, kun taas pohjoispuolen populaatio eli täysin luonnonmukaisesti. Näin ollen eteläpuolen ponitammojen ei tarvinnut imettää vanhaa ja kantaa uutta varsaa samaan aikaan. Lisäksi he selittävät varsomisprosenttien eroja huonosta ravinnosta johtuvilla luomisilla. Heidän mukaansa ravinnon proteiinipitoisuus saaren pohjoispuolella etenkin talvella oli imettävillä ja uutta varsaa samaan aikaan kantaville tammoille riittämätön. Havainto tuki heidän mukaansa teoriaa laktaatiostressin vaikutuksesta varsomisprosenttiin.

Nagy (2005) otti analyyseissään huomioon useita oriasemaan liittyviä muuttujia, kuten oriaseman koon (yli vai alle 100 tammaa), onko oriasemalla omia oreja, käytetäänkö oriasemalla ultraäänidiagnostiikkaa, majoittaako oriasema tammoja, onko oriasemalla loishäätöohjelma (deworming program) ja onko oriasemalla ohjelma huonojen siitostammojen karsimiseksi (culling program). Hän löysi tutkimuksessaan suurta oriasemien välistä vaihtelua sekä päivän 15 tiinehtymisprosentissa (51,3–75,6 %) että päivän 40 tiinehtymisprosentissa (64,3–97,6 %) astutuksesta laskettuna. Paras oriasema oli molemmissa kategorioissa sama mutta huonoin ei. Oriaseman koko vaikutti merkitsevästi tiinehtymiseen kuluvaan aikaan: yli sadan tamman siittoloissa tiinehtymiseen menii keskimäärin 3,07 päivää pidempään kuin alle sadan tamman siittoloissa ( $P < 0,05$ ).

Sairanen ym. (2009) ottivat analyyseissään huomioon sekä orin että tamman pysyvät ympäristöolot satunnaismuuttujina. He havaitsivat, että tamman ympäristöolot selittivät 4,7 % (lämminveriset) ja 5,7 % (suomenhevokset) hedelmällisyyden vaihtelusta. Orin ympäristöolot selittivät hedelmällisyyden vaihtelusta 1,7 ja 1,5 %. Tutkijat huomauttavat pohdinnassaan, että orin ympäristöolojen sijasta mallissa olisi voitu käyttää henkilöä, joka astuttaa tai hypyttää orin kullakin astutus- tai siemennyskerralla (stallion manager). On mahdollista, että yksittäinen henkilö voisi saavuttaa keskimääräistä parempia tuloksia orista riippumatta. Tätä tietoa ei kuitenkaan ollut saatavilla.

Sharma ym. (2010) eivät löytäneet tilastollisesti merkitsevää yhteyttä oriaseman ja tiinehtymisprosentin, varsomisprosentin tai tiineydenmenetysprosenttien välillä.

### ***Muut tekijät***

Davies Morel ja Gunnarsson (2000) tutkivat tamman kuntoluokan ja värin vaikutusta. Tammat luokiteltiin kuntoluokkiin huono, keskinkertainen ja lihava. Tilastollisesti

merkitsevää eroa ei löydetty eri ryhmien välillä. Myöskään tilastollisesti merkitsevää eroa ei löydetty vaaleiden ja tummien tammojen välillä.

Langlois ja Blouin (2004) tutkivat myös tamman elinikäisten kilpailutuottojen sekä tammoille lasketun ns. siitosarvon vaikutusta lisääntymistulokseen. He havaitsivat, että huonon kilpailu-uran tehneet täysiveriset laukkahevoset saavuttivat huonomman lisääntymistuloksen kuin muut. Heidän mukaansa syynä voi olla se, että nämä huonomman siitosarvon kilpahevoset lisääntyvät amatöörimäisemmässä ympäristössä. Ravihevosten kohdalla he havaitsivat, että mitä paremmin tamma oli kilpailu-urallaan menestynyt ja mitä parempi sen arvioitu siitosarvo oli, sitä paremmat olivat lisääntymistulokset. Tätä he selittävät hyvien tammojen paremmilla lisääntymisolosuhteilla. Estehevosten kohdalla parhaan lisääntymistuloksen tekivät hyvin menestyneet tammat ja huonoimman keskinkertaisesti menestyneet. Huonosti menestyneet saivat paremman lisääntymistuloksen kuin keskinkertaisesti menestyneet. Tutkijat eivät pohtineet syytä tälle, mutta mahdollisia sekoittavia tekijöitä on useita. Suuri osa korkean siitosarvon kilpahevosista siirtyy siitosuralle vasta kilpailu-uran jälkeen, mikä osaltaan vaikuttaa tulosten luotettavuuteen: kilpailu-uransa lopettaneet tammat ovat keskimääräisesti vanhempia, jolloin lisääntymistulokseen vaikuttaa myös tamman ikä. Eri hevoskilpailujen lajit poikkeavat myös toisistaan: hyvät ravi- ja laukkahevoset siirtyvät siitosuralle keskimäärin nuorempina kuin esimerkiksi hyvät estehevoset. Eroja on myös siinä, miten eri hevosten lisääntymisarvo määritellään: osansa on sekä tamman suvulla että sen menestymisellä kilpaurheilussa yksilönä. Eri tekijöiden painotukset vaihtelevat lajeittain. Tutkijat myöntävätkin, että on mahdotonta määritellä luotettavasti yhteyttä jalostukseen valinnan ja numeerisen tuottavuuden välillä.

Nagy (2005) analysoi syvällisesti erilaisten lääkehoitojen vaikutusta vastemuuttujiin. Hänen hypoteesinsa oli, että kaikki hoidot lyhentäisivät keskimääräistä tiinehtymiseen kuluvaan aikaan, koska niitä käytetään yleisesti ottaen tiinehtymisen parantamiseen. Hän kuitenkin havaitsi, että esimerkiksi prostaglandiinin käyttö pidensi tiinehtymiseen kuluvaan aikaan keskimäärin 11,7 päivällä. Tutkimuksessa ei ollut kuitenkaan eritelty, mihin indikaatioon mitään valmistetta käytettiin: tässä tapauksessa prostaglandiinia on

mahdollisesti käytetty tiineydenkeskeytyksiin tai uuden kiiman indusoimiseen, kun ovulaatio on vahingossa jäänyt huomaamatta. Ovulaation indusointiin käytetyistä hormoneista ainoastaan GNRH (gonadotropiineja vapauttava hormoni) osoittautui tilastollisesti merkitseväksi muuttujaksi ( $P < 0,05$ ). Sen käyttö pidensi tiinehdyttämiseen kuluvaan aikaan 10,12 päivällä, mikä on myös hypoteesin vastaista. Valmistetta käytettiin tutkimuksessa vain muutamalla tammalla ( $n=11$ ). Tiinehtymiseen kuluvaan aikaan lyhensivät progesteronin ja estradiolin käyttö tiineyden ylläpitämiseksi tiineyden alkuvaiheessa (23,45 päivää) sekä progesteronin käyttö varsoneilla tammoilla tiineyden loppuvaiheessa (9,36 päivää). Muidenkin lääkevalmisteiden kohdalla havaittiin tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita, mutta vain silloin, kun tamman status otettiin analyysissä huomioon.

Sairanen ym. (2009) käsittelivät tutkimuksessaan myös varsomisprosentin periytyvyyttä. He havaitsivat, että varsomisprosentin periytyvyys on kaiken kaikkiaan matala ja lämminverisillä ravihevosilla suomenhevosia matalampi. Tutkijoiden mukaan lisääntymistulos ei sovellu matalan periytyvyytensä takia siitokseenvalinnan kriteeriksi, vaan enemmän huomiota tulisi kiinnittää ympäristö- ja olosuhdetekijöihin.

Sharma ym. (2010) tutkivat niin ikään lääkehoitojen vaikutusta lisääntymistulokseen. He eivät löytäneet korrelaatiota tiinehtymisprosenttien suhteen sen välillä, oliko tamman kiima indusoitu hormonivalmisteiden avulla verrattuna spontaaniin kiimaan. Myöskään ovulaation indusoinnilla hormonivalmistein ei ollut vaikutusta tiinehtymisprosenttiin, mutta indusoitujen ovulaatioiden kohdalla astutusten määrä kiimaa ja tiineyttä kohden oli merkittävästi alempi verrattuna spontaaneihin ovulaatioihin ( $P < 0,001$ ). Millään hormonihoitoilla ei ollut vaikutusta tiineydenmenetysprosentteihin eikä varsomisprosentteihin.



## ***Eri tekijöiden vaikutus moniovulaatioihin ja monitiineyksiin***

Monitiineyksien merkitys hevosten lisääntymistulokselle on suuri. Normaalisti hevonen saa yhden jälkeläisen kerrallaan ja molempien varsojen henkiin jäämiseen päätyneet kaksoistiineydet ovat erittäin harvinaisia. Tämän takia kaksois- tai kolmoistiineyksien ei anneta diagnoosin jälkeen hevosella jatkaa. Hoitokeinoja on erilaisia. Ylimääräinen tai ylimääräiset alkiot absorboituvat itsestään pois 60 %:ssa monitiineyksistä ja tiineys voi jatkaa normaalisti loppuun saakka. Tietyissä tapauksissa on suositeltavaa yrittää ylimääräisten alkioden murskaamista peräsuolen limakalvon läpi jolloin jäljelle jääneellä alkiolla on mahdollisuus kehittyä loppuun saakka. Kolmas keino on indusoida molempien alkioden abortti hormonivalmisteilla (Knottenbelt ym., 2003). Valitusta hoitokeinosta riippumatta monitiineyksiin liittyy aina normaalitiineyksiä korkeampi tiineyden keskeytymisen riski (Sharma ym., 2010). Monitiineydet ovat tärkeä tekijä tarkasteltaessa hevosten lisääntymistulosta, sillä kaksoistiineeksi diagnosoiduilla tammoilla on suurempi riski abortoida tai synnyttää kuollut varsa kuin tammoilla, joilla on yksi sikiö ( $P < 0,001$ , Morley ja Townsend, 1997). Moniovulaatioiden ja -tiineyksien esiintyvyyttä ja niihin vaikuttavia tekijöitä onkin tutkittu useammassa tutkimuksessa.

Allen ym. (2007) havaitsivat, että eniten kaksoisovulaatioita tapahtui tyhjillä (barren) tammoilla (26,4 %) ja vähiten varsoneilla tammoilla varsakiimassa (12,7 %). Tämä tukee Morrisin ja Allenin ym. (2002) samansuuntaista havaintoa. Allenin ym. (2007) tutkimuksessa kiiman hormonaalinen indusointi lisäsi moniovulaation ja monitiineyden todennäköisyyttä, mutta ovulaation hormonaalinen indusointi ei. Toisaalta niin kiiman hormonaalinen indusointi kuin ovulaation hormonaalinen indusointikaan ei heidän tutkimuksessaan vaikuttanut merkitsevästi kiimakohtaiseen tiinehtymisprosenttiin ylipäätään.

Brück ym. (1993) havaitsivat tutkimuksessaan, että kaksoistiineyksien osuus kaikista tiineyksistä kasvoi ikäryhmissä nuoremmista vanhempiin siirryttäessä ( $P < 0,05$ ). Kaksoistiineyksien osuus oli suurin tyhjillä tammoilla ( $P < 0,05$  verrattuna ensikertalaisiin ja  $P < 0,01$  verrattuna varsoneisiin). Nämä seikat selittävät tutkijoiden mukaan havaintoa siitä, että varsomisprosentti oli korkeampi niiden tammojen kohdalla,

joiden kaksoistiineyksiin ei puututtu (84,1 %) verrattuna niihin tammoihin, joilla toinen alkio murskattiin diagnoosin jälkeen (55,9 %): edellä mainituilla ryhmillä olisi tutkijoiden mukaan muutenkin heikommat valmiudet ylläpitää tiineyttä. Iän korrelaatio kaksoistiineyksien esiintyvyyteen on ristiriidassa Morrisin ja Allenin (2002) tutkimustulosten kanssa, jotka eivät tällaista korrelaatiota havainneet.

Hembergin ym. (2004) tutkimuksessa 10,5 % tiineyksistä oli kaksoistiineyksiä. He eivät havainneet korrelaatiota tamman statuksen ja kaksoistiineyksien esiintyvyyden välillä. He eivät myöskään löytäneet korrelaatiota orin ja kaksoistiineyksien esiintyvyyden välillä. Toisen alkion murskaus onnistui 88,9 %:ssa tapauksista. Kaksoistiineiksi diagnosoiduista tammoista 84,4 % synnytti loppujen lopuksi yhden elävän varsan seuraavana vuonna.

Morris ja Allen (2002) tutkivat eri tekijöiden (tamman ikä, status, ori, hormonihoito) vaikutusta moniovulaatioihin ja -tiineyksiin. He havaitsivat, että tamman iällä ( $P < 0,0001$ ) ja statuksella ( $P < 0,005$ ) oli vaikutusta kiimakohdaisiin kaksoisovulaatioiden esiintyvyyksiin: varsoneilla tammoilla kaksoisovulaatioita esiintyi vähemmän kuin tyhjillä tammoilla. Syyksi tälle tutkijat esittävät maidontuotannon ravitsemuksellisen tilan ja yksilön perimän perusteella määräytyvän ovulaatiopotentialin vaikutuksia. Lisäksi alle 14 -vuotiailla tammoilla kaksoisovulaatioiden esiintyvyys oli 15 % ja sitä vanhemmilla 19 %. Toisaalta tamman iällä ei ollut vaikutusta kiimakohdaisiin kaksoistiineyksien esiintyvyyksiin, kun taas tamman statuksella oli ( $P < 0,0001$ ). Eniten kaksoistiineyksiä todettiin tammoilla, jotka olivat abortoineet edellisenä vuonna. Tämä tulos on ristiriidassa Hembergin ym. (2004) tutkimustuloksen kanssa, jossa yhteyttä tamman statuksen ja kaksoistiineyksien esiintyvyyden välillä ei löydetty.

Morris ja Allen (2002) havaitsivat myös, että kaksoisovulaatioiden ( $P < 0,001$ ) ja -tiineyksien ( $P = 0,019$ ) sekä ovulaatiokuukauden välillä oli merkitsevä tilastollinen yhteys. Prosentuaalisesti eniten kaksoisovulaatioita rekisteröitiin heinäkuussa ja kiimakohdainen kaksoistiineysprosentti (per cycle twin pregnancy rate) oli korkein helmikuussa. Tutkijat huomauttavat, että kaikkia kaksoisovulaatioita ei pystytty kirjaamaan, sillä jopa 61 % kaikista kaksoistiineyksistä diagnosoitiin tammoilla, joilla

oli havaittu vain yksi ovulaatio. Morris ja Allen (2002) eivät tutkimuksessaan löytäneet merkitsevää yhteyttä orin ja moniovulaatioiden tai -tiineyksien esiintyvyyden välillä.

Morrisin ja Allenin (2002) tutkimuksessa suurin osa monitiineyksistä hoidettiin menestyksekkäästi murskaamalla ylimääräinen tai ylimääräiset alkiot (kolmoistiineyksiä diagnosoitiin tutkimusajanjaksolla kolme), jolloin 92,1 % näin hoidetuista tammoista varsoi normaalisti yhden varsan seuraavalla kaudella. Tutkijat esittävätkin, että koska monitiineydet tänä päivänä enää harvoin johtavat täydelliseen aborttiin, tulisivat ne yleistymään täysiveristen hevosten populaatiossa alhaisesta periytymisasteestaan huolimatta. Tätä hypoteesia tukee se havainto, että tässä tutkimuksessa monitiineyksien osuus kaikista tiineyksistä oli 7 %, kun se 15 vuotta aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa oli 2,4 %. Toisaalta ultraäänilaitteet ja eläinlääkäreiden harjaantuneisuus tiineysdiagnostiikassa ovat vuosien saatossa kehittyneet, jolloin monitiineyksiä pystytään diagnosoimaan entistä paremmin, minkä tutkijat pohdinnassaan myöntävätkin.

Sharma ym. (2010) havaitsivat, että tiineyden keskeytyminen päivän 16 jälkeen oli yleisempää kaksoistiineillä verrattuna normaaleihin tiineyksiin (21,98 %, 8,64 %;  $P = 0,0016$ ). He eivät löytäneet eroa tiineydenmenetysprosentteissa niillä tammoilla, joilla kaksoistiineyteen ei puututtu verrattuna niihin, joilla yritettiin toisen alkion murskaamista. Tämä on ristiriidassa Brückin ym. (1993) tutkimustuloksen kanssa. Sen sijaan Sharma ym. (2010) havaitsivat, että ylimääräisen alkion murskaus onnistui 15 % todennäköisemmin, mikäli alkiot olivat eri kohdunsarvissa verrattuna siihen, jos alkiot olivat samassa kohdunsarvessa. Tätä he selittävät sillä, että eri sarvessa oleva alkio on helpompi murskata ilman jäljelle jäävän alkion vahingoittamisen riskiä.

## **Yhteenveto**

Monessa tähän työhön valitussa tutkimuksessa tilastollisia analyysejä oli käytetty puutteellisesti tai jopa virheellisesti. Läheskään kaikissa tutkimuksissa ei ollut käytetty

monimuuttuja-analyysiä, jolloin tuloksista on saatettu tehdä liian yksioikoisia päätelmiä. Näistä syistä kaikkia tähän työhön valittujen tutkimusten tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina. Kuitenkin näitä tutkimuksia on käytetty referensseinä uusille tutkimuksille ja ilman, että niiden näytön tasoa on etukäteen arvioitu. Tämän työn perusteella voidaankin todeta, että epidemiologiset tutkimukset ovat alttiita ulkoisten sekoittavien tekijöiden vaikutukselle, joten niiden huomioiminen aineistoa kerätessä, analysoitaessa ja tuloksista keskustellessa edellyttää tutkijoilta varsin syvällistä perehtyneisyyttä sekä oman aiheensa biologiaan että oikeiden tilastollisten ja epidemiologisten analysointimenetelmien valintaan ja käyttämiseen, jotta vääriä johtopäätöksiä välttyttäisiin. Referoitaessa tehtyjä tutkimuksia on käytetyt menetelmät ja tulosten tulkinta syytä tarkistaa ja raportoida sekä varmistaa, että analyysit on suoritettu oikein ja tulokset perustuvat todelliseen tieteelliseen näyttöön.

Merkittävimmät yksittäiset hevosen lisääntymistulokseen vaikuttavat tekijät tähän työhön valittujen tutkimusten valossa ovat tamman ikä ja status. Yleisesti ottaen tutkimuksissa havaittiin, että mitä vanhempi tamma oli, sitä huonompi oli lisääntymistulos, kun vastemuuttujana oli varsomisprosentti (taulukko 4), tiinehtymisprosentti (taulukko 5), tiineydenmenetysprosentti (taulukko 6) tai uusimattomuusprosentti (taulukko 8). Tamman iällä oli tilastollisesti merkitsevää vaikutusta myös tiinehtymiseen kuluvaan aikaan (taulukko 7) siten, että vanhemmilla tammoilla tiinehtymiseen kuluva aika oli pidempi. Iän havaittiin nostavan myös moniovulaatioiden ja monitiineyksien esiintyvyyttä populaatiossa (taulukko 9). Statusryhmittäin kaikissa tutkimuksissa parhaan lisääntymistuloksen saavuttivat varsonet ja ensikertalaiset tammät. Toisaalta varsonella tammoilla tiinehtymiseen kuluva aika oli pisin kaikista statusryhmistä. Ikä ja status vaikuttivat myös moniovulaatioiden ja – tiineyksien esiintyvyyksiin: moniovulaatioita ja – tiineyksiä esiintyi tilastollisesti enemmän vanhoilla, tyhjillä ja abortoineilla tammoilla ja tilastollisesti vähemmän varsonella tammoilla varsakiimassa.

Toinen useammassa tutkimuksessa merkitseväksi havaittu muuttuja oli ori yksilönä (taulukot 4, 6 ja 8) tai jokin orin ominaisuus kuten orin ikä (taulukot 4 ja 8) orin astumien tammojen määrä (book size, taulukko 4) tai orin harjoitustaso (taulukko 4).

Rotukohtaisia vaihteluita lisääntymistuloksessa löydettiin kaikissa niissä tutkimuksissa, joissa tutkittavana oli useampia rotuja (4 kpl, taulukot 4 ja 8).

Niissä tutkimuksissa, joissa oli käytössä erilaisia astutus- tai siemennystapoja, havaittiin useimmiten luonnollinen astutus parhaaksi lisääntymistuloksen kannalta (taulukot 4 ja 8). Toinen lisääntymistulokseen positiivisesti vaikuttava tapa oli keinosiemennys tuorespermalla, joka joissain tutkimuksissa oli luonnollistakin astutusta parempi. Selkeästi heikoimmat tulokset saavutettiin keinosiemennettäessä pakastespermalla.

Sukusiitosasteen vaikutusta tutkittiin kolmessa tutkimuksessa, joista kahden tuloksista voidaan tehdä edes jossain määrin luotettavia päätelmiä. Korkean sukusiitosasteen havaittiin näissä tutkimuksissa yleisesti ottaen heikentävän lisääntymistulosta (taulukko 4). Molemmissa tutkimuksissa kuitenkin yllättävästi havaittiin lisääntymistuloksen paranevan sukusiitosasteen ylittäessä tietyn rajan. Syytä ilmiölle ei tiedetä.

Useammassa tutkimuksessa tilastollisesti merkitseväksi havaittiin tamman siementäminen varsakiimaan: tiineydenmenetysprosentti oli varsakiimaan siemennetyillä suurempi kuin muilla, mikä johti heikentyneeseen lisääntymistulokseen (taulukot 5 ja 6). Muutamassa tutkimuksessa löydettiin viitteitä siitä, että tiinehtyminen olisi yleisesti ottaen parempaa alkukauden kiimoihin (taulukot 5 ja 8).

Hormonihoitojen havaittiin yhdessä tutkimuksessa hypoteesin vastaisesti pidentävän tiinehtymiseen kuluva aikaa, mikä kuitenkin voi johtua siitä, että hormonihoitoja annetaan enemmän ongelmattomille (taulukko 7). Lisäksi hormonihoitoista kiiman hormonaalinen indusointi lisäsi yhdessä tutkimuksessa moniovulaatioiden ja –tiineyksien esiintyvyyttä (taulukko 9).

## TAULUKKO 4

*Varsomisprosenttiin* vaikuttavat tilastollisesti merkitsevät selittävät muuttujat kymmenessä hevosten lisääntymistä käsittelevässä tutkimuksessa sekä vaikutuksen suunta.

Tutkimus	Astutuskau- kausi	Astutus/sie- mennystapa	Astutusten/sie- mennysten määrä	Ori	Sukusiitosaste	Tamman ikä ja status	Tamman kilpailutuotot	Tamman rotu	Ympäristön lämpötila
Allen ym. (2007)						Ikä ↓			
Brück ym. (1993)			Vain yhteen kiimaan astutus ↑			Ikä ↓ Ensikertalaiset ↑(sitten varsonneet)			
van Buiten ym. (1998)		Laitumella astutetut ↑		Orin ikä ↑					
Davies Morel ja Gunnarsson (2000)		Laitumella astutetut ↑		Orikohtainen vaihtelu, korkeassa harjoitustasossa olevat ↑		Nuorilla ↓ Levossa olevilla ↑			
Hemberg ym. (2004)				Orikohtainen vaihtelu		Ikä ↓			
Keiper ja Haupt (1984)	Touko- kesäkuussa tiinehtyneet↑					Ikä ↑ (kun vanhin ikäryhmä 6- vuotiaat ja vanhemmat)			Maaliskuun korkeampi lämpötila ↑
Langoils ja Blouin (2004)	Maaliskuussa astutetut↑	Tuorespermalla keinosiemen-		Orin ikä ↑ (ikävuosiin 5-	Sukusiitos tammassa ja	Ikä ↑ (ikävuosiin 4-	Laukka- ja estehevosilla	Rotukohtainen vaihtelu	

Tutkimus	Astutuskau- kausi	Astutus/sie- mennystapa	Astutusten/sie- mennysten määrä	Ori	Sukusiitosaste	Tamman ikä ja status	Tamman kilpailutuotot	Tamman rotu	Ympäristön lämpötila
		netyt ↑		8), sitten ↓	varsassa ↓ Kylmäverisillä ja ratsuilla sukusiitos isässä ↑	6), sitten ↓ Varsoneet ↑ (sitten tyhjät)	huonot kilpailutuotot ↓		
McDowell (1992)				Orilla useampi tamma ↑		Ikä ↑(ikävuosiin 6- 7), sitten ↓			
Sairanen ym. (2009)		Tuorespermalla keinosiemen- netyt ↑ (sitten luonnollinen astutus)		Ori yli 17 vuotta ↓	Sukusiitos varsassa ↓ (kun tietyn rajan yli, ↑)	Ikä ↓ Suomenhevo- silla ensikertalaiset ↓		Rotukohtainen vaihtelu (suomenhevo- silla ↓)	
Sharma ym. (2010)						Ikä ↓ Ensikertalaiset ↑(sitten varsoneet)			

## TAULUKKO 5

*Tiinehtymisprosenttiin* vaikuttavat tilastollisesti merkitsevät selittävät muuttujat viidessä hevosten lisääntymistä käsittelevässä epidemiologisessa tutkimuksessa sekä vaikutuksen suunta.

Tutkimus	Astutusten/siemennysten määrä	Kiiman järjestysnumero	Siittola/oriasema	Tamman käyttötarkoitus	Tamman ikä ja status
Allen ym. (2007)	Astutusten määrä per kiima ↑			Ensikertalaiset risuestelaukkahevoseet ↑	Ikä ↓ Ensikertalaiset ↑ (sitten varsonheet)
Brück ym. (1993)					Ikä ↓
Morris ja Allen (2002)		Heinäkuun jälkeen ↓ Varsakiimaan astutetut ↓			Ikä ↓ Levossa olevat ↓
Nagy (2005)			Oriasemakohtainen vaihtelu		
Sharma ym. (2010)					Ikä ↓ Ensikertalaiset ↑(sitten varsonheet)



## TAULUKKO 6

*Tiineydenmenetysprosenttiin* vaikuttavat tilastollisesti merkitsevät selittävät muuttujat viidessä hevosten lisääntymistä käsittelevässä epidemiologisessa tutkimuksessa sekä vaikutuksen suunta.

Tutkimus	Kiiman järjestysnumero	Ori	Tamman käyttötarkoitus	Tamman ikä ja status
Allen ym. (2007)	Varsakiimaan astutetut ↑	Tietyillä oreilla ↑	Risuestelaukkahevoset ↑	Ikä ↑
Brück ym. (1993)				Ikä ↑ Ensikertalaiset ↓
Hemberg ym. (2004)				Abortoineet, tyhjät ↑
Morris ja Allen (2002)	Varsakiimaan astutetut ↑			Ikä ↑
Sharma ym. (2010)				Ikä ↑ Ensikertalaiset ↓ (sitten varsoneet)

## TAULUKKO 7

*Tiinehtymiseen kuluvaan aikaan* vaikuttavat merkitseviksi havaitut selittävät muuttujat yhdessä hevosten lisääntymistä käsittelevässä epidemiologisessa tutkimuksessa

Tutkimus	Astutusten/siemennysten määrä	Hormonihoidot kiiman indusoimiseksi	Hormonihoidot ovulaation indusoimiseksi	Tamman ikä ja status
Nagy (2005)	Astutettujen kiimojen määrä ↓	Prostaglandiini ↑	GNRH ↑	Ikä ↓ Varsoneet ↓

## TAULUKKO 8

*Uusimattomuusprosenttiin* vaikuttavat tilastollisesti merkitseviksi havaitut selittävät muuttujat kolmessa hevosten lisääntymistä käsittelevässä epidemiologisessa tutkimuksessa sekä vaikutuksen suunta.

Tutkimus	Astutuskuukausi	Astutus/siemennystapa	Astutusten/siemennysten määrä	Kiiman järjestysnumero	Ori	Siittola/oriasema	Tamman ikä ja status	Tamman rotu
van Buiten ym. (1998)		Laitumella astutetuilla ↑			Orin ikä ↑			
van Buiten ym. (1999)					Orikohtainen vaihtelu			
Van Buiten ym. (2003)	Friisiläisillä ja shetlanninpo-neilla ↓	Pakastesperma ↓	Friisiläisillä vain yksi astutus per kiima ↓ Shetlanninpo-neilla kolme tai enemmän astutusta per kiima ↓	Shetlanninpo-neilla kauden ensimmäiseen kiimaan ↑ KWPN <sup>1</sup> kauden toiseen kiimaan ↓	Orikohtainen vaihtelu (erit. shetlanninpo-neilla)	Siittolakohtainen vaihtelu	Friisiläisillä ja shetlanninpo-neilla ikä ↓	Rotukohtainen vaihtelu (KWPN <sup>1</sup> ↑)

<sup>1</sup> KWPN = Koninklijk Warmbloed Paard Nederland (hollantilainen lämminverinen ratsuhevonen).

## TAULUKKO 9

*Moniovulaatioihin ja monitiineyksiin* vaikuttavat merkitseviksi havaitut selittävät muuttujat kolmessa hevosten lisääntymistä käsittelevässä epidemiologisessa tutkimuksessa sekä vaikutuksen suunta.

Tutkimus	Hormonihoito kiiman indusoimiseksi	Ovulaatiokuukausi	Tamman ikä ja status
Allen ym. (2007)	Kiiman kormonaalinen indusointi moniovulaatioihin ja monitiineyksiin ↑		Tyhjät tammammoniovulaatioihin ↑ Varsoneet tammammonvarsakiimassa moniovulaatioihin ↓
Brück ym. (1993)			Ikä monitiineyksiin ↑ Tyhjät tammammonitiineyksiin ↑
Morris ja Allen (2002)		Heinäkuussa moniovulaatiot ↑ Helmikuussa monitiineydet ↑	Ikä moniovulaatioihin ↑ Tyhjät tammammoniovulaatioihin ↑ Abortoineet monitiineyksiin ↑

## **Lähteet**

Allen WR, Brown L, Wright M, Wilsher S. Reproductive efficiency of Flatrace and National Hunt Thoroughbred mares and stallions in England. *Equine vet. J.* 2007;39:438-445

Brück I, Anderson GA, Hyland JH. Reproductive performance of Thoroughbred mares on six commercial stud farms. *Aust. Vet. J.* 1993;70:299-303.

van Buiten A, Remmen JLAM, Colenbrander B. Fertility of Shetland pony stallions used in different breeding systems: a retrospective study. *Vet Quart.* 1998;20:100-3.

van Buiten A, van den Broek J, Schukken YH, Colenbrander B. Validation of non-return rate as a parameter for stallion fertility. *Livestock Prod. Sci.* 1999;60:13-19.

van Buiten A, Westers P, Colenbrander B. Male, female and management risk factors for non-return to service in Dutch mares. *Prev. Vet. Med.* 2003;61:17-26

Davies Morel MCG, Gunnarsson V. A survey of the fertility of Icelandic stallions. *Anim. Reprod. Sci.* 2000;64:49-64

Dohoo I, Martin W, Stryhn H. *Veterinary epidemiologic research. 1. painos.* AVC Inc., Charlottetown, Prince Edward Island 2003.

Dowsett KF, Knott LM. The influence of age and breed on stallion semen. *Theriogenology* 1996;43:397-412.

Guerin MV, Wang XJ. Environmental temperature has an influence on timing of the first ovulation of seasonal estrus in the mare. *Theriogenology* 1994;42:1053-1060.

Guillaume D, Duchamp G, Salazar-Ortiz J, Nagy P. Nutrition influences the winter ovarian inactivity in mares. *Theriogenology* 2002;58:593-597.

Hemberg E, Lundheim N, Einarsson S. Reproductive Performance of Thoroughbred Mares in Sweden. *Reprod. Dom. Anim.* 2004;39:81-5.

Højsgaard S, Halekoh U. Overdispersion [luento]. Biometry Research Unit, Danish Institute of Agricultural Sciences, June 1, 2005 [luettu 20.3.2010].  
<http://gbi.agrsci.dk/statistics/courses/phd06/material/overdispersion-Lecture.pdf>

The Jockey Club [kotisivu internetissä]. Lexington/Kentucky/New York City, US: Breed registry for Thoroughbred horses in North America [luettu 21.3.2010].  
<http://www.jockeyclub.com>.

Katila T, Pärssinen H, Reilas T, Nivola K, Virtala A-M. Climatic factors affecting foaling rates of trotters in Finland [konferenssiabstrakti]. Proceedings of the 6th International Conference on Equine Reproductive Medicine, Leipzig, Germany, 2010:38.

Keiper R, Houpt K. Reproduction in feral horses: An eight-year study. *Am. J. Vet. Res.* 1984;45(5):991-5

Knottenbelt DC, Le Blanc M, Lopate C, Pascoe RR. *Equine Stud Farm Medicine and Surgery*. 1. Painos. Elsevier Science Limited, Oxfordshire, UK. 2003.

Langlois B, Blouin C. Statistical analysis of some factors affecting the number of horse births in France. *Reprod. Nutr. Dev.* 2004;44:583-95

Läärä E, Luostarinen T, Hakulinen T, Lyytikäinen O, Sarna S, Virtala A-M, Riihimäki H, Hakama M. Epidemiologian englanti-suomi-englanti-sanasto. Helsinki: Suomen Epidemiologian Seura ja Duodecim. 26.11.2008.  
(<http://www.finepi.org/files/englantisuomi.pdf>).

Malinowski K, Johnson AL, Scanes CG. Effects of interrupted photoperiods on the induction of ovulation in anestrus mares. *J Anim Sci.* 1985; 61:951-5.

Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small. Rumin Res.* 2007;71:1–12.

McDowell KJ, Powell DG, Baker CB. Effect of book size and age of mare and stallion on foaling rates in Thoroughbred horses. *J. Equine Vet. Sci.* 1992;12:364-367.

Morley PS, Townsend HGG. A survey of reproductive performance in Thoroughbred mares and morbidity, mortality and athletic potential of their foals. *Equine Vet. J.* 1997; 29:290-297

Morris LHA, Allen WR. Reproductive efficiency of intensively managed Thoroughbred mares in Newmarket. *Equine Vet. J.* 2002;34(1):51-60

Nagamine Y, Sasaki O. Effect of environmental factors on fertility of Holstein-Friesian cattle in Japan. *Livest. Sci.* 2008;115:89-93

Nagy R. Effects of management on reproductive efficiency in thoroughbreds [Master's thesis]. College of Agriculture, University of Kentucky. 2009.

Sairanen J, Nivola K, Katila T, Virtala A-M., Ojala M. Effects of inbreeding and other genetic components on equine fertility. *Animal* 2009;3:1662-1672.

Sanderson MW, Allen WR. Reproductive efficiency of Thoroughbred mares in the United Kingdom. In: *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Bain Fallon Memorial Lectures*, Ed: T. Huntington, AEVA, Sydney, 1987;31-41.

Sharma S, Dhaliwal GS, Dadarwal D. Reproductive efficiency of Thoroughbred mares under Indian subtropical conditions: A retrospective survey over 7 years. *Anim. Reprod. Sci.* 2010;117:241-248.

Thrusfield M. *Veterinary epidemiology*. 3. painos. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 2007.

Virtala A-M, Nivola K, Reilas T, Katila T. Declining foaling rates in trotters in Finland [poster]. SVEPM (Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine) Annual Conference 2009, London, UK, April 1-3, 2009